

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет Інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра Автоматики та управління в технічних системах

До захисту допущено
Завідувач кафедри

_____ Ролік О. І.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2020 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані системи управління»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: «Мікропроцесорна система керування світлодіодним
відображенням»

Виконав:

студент IV курсу, групи ІА-62
Кондратьєв Даніїл Олексійович

Керівник: старший викладач

Шимкович Володимир Миколайович

Рецензент:

Засвідчую, що у цій дипломній
роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

(повна назва)

Кафедра автоматики та управління в технічних системах

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ролік О. І.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Кондратьєву Даніїлу Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Мікропроцесорна система керування світлодіодним відображенням»

керівник проекту Шимкович Володимир Миколайович

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2020 р. № _____

2. Строк подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту:

Тактова частота мікроконтролера – 80 МГц, напруга на виході – 5 В, струм на виході – 5 А, роздільна здатність матриці – 16 на 16 світлодіодів.

4. Зміст пояснювальної записки: Огляд існуючих рішень, обґрунтування вибору технічних засобів, розроблення схеми електричної структурної, розроблення схеми електричної функціональної, розроблення моделі, алгоритм керуючої програми

5. Перелік графічного матеріалу: схема електрична структурна, схема електрична функціональна, схема електрична принципова.

6. Дата видачі завдання: 06.02.2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	15.04.2020 р.	
2	Розроблення схеми електричної структурної	19.04.2020 р.	
3	Розроблення схеми електричної функціональної	26.04.2020 р.	
4	Розроблення моделі	28.04.2020 р.	
5	Аналіз результатів моделювання	06.05.2020 р.	
6	Оформлення текстової документації	19.05.2020 р.	
7			

Студент _____
(підпис)

Керівник проекту _____
(підпис)

Кондратьєв Д.О.
(ініціали, прізвище)
Шимкович В.М.
(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кондратьєв Д. О. Мікропроцесорна система керування світлодіодним відображенням. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2020.

Проект містить 60 с. тексту, 30 рисунків, 4 таблиці, літературних джерел та 1 додаток.

Ключові слова: мікроконтролери, мікропроцесорна система керування, світлодіодна матриця, мобільний додаток, Bluetooth.

Об'єктом розробки є мікропроцесорна система керування світлодіодного відображення.

Метою бакалаврського проекту є підвищення доступності світлодіодного екрану для домашнього користування у галузі розваг.

Дипломний проект присвячено проектуванню та розробленню мікроконтролерної системи світлодіодного відображення, завдяки якій користувач за допомогою мобільного додатка може керувати запрограмованими світлодіодними анімаціями, задавати текст для біжучого рядка, грати в змійку або тетріс. Проведено ретельний аналіз та вибір мікроконтролера за критерієм ціна/продуктивність. В проекті розроблені структурна та функціональна схеми системи.

SUMMARY

Kondratiev D. O. Microcontroller system of LED display control. KPI them. Igor Sikorsky, Kyiv, 2020.

The project contains 60 p. of text, 30 figures, 4 tables, references and 1 application.

Keywords: microcontrollers, microcontroller control system, LED matrix, mobile application, Bluetooth.

The object of development is a microcontroller control system LED display.

The purpose of the bachelor project is to increase the accessibility of the LED screen for home use in the entertainment industry.

The diploma project is dedicated to the design and development of a microcontroller LED display system, which allows the user to control the programmed LED animations, set text for a running line, play a snake or tetris through a mobile application. A careful analysis and selection of the microcontroller on the criterion price / performance. The structural and functional diagrams of the system are developed in the project.

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

на тему: «Мікропроцесорна система керування світлодіодного відображення»

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ.....	5
2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	6
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ	9
3.1 Аналіз існуючих плат мікроконтролера.....	9
3.1.1 Плата Arduino Nano	9
3.1.2 Плата Arduino Mega.....	10
3.1.3 Плата NodeMCU	11
3.1.4 Плата Wemos D1 mini.....	13
3.1.5 Порівняльний аналіз плат	14
3.2 Аналіз існуючих світлодіодних екранів.....	18
3.3 Блок живлення	22
3.4 Бездротовий зв'язок	24
3.5 Модуль годинника реального часу	28
4 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ.....	31
5 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ.....	32
6 РЕАЛІЗАЦІЯ АППАРАТНОЇ ЧАСТИНИ.....	33
7 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ.....	36
7.1 Прошивка мікроконтролера	36
7.2 Мобільний додаток.....	47
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
Додаток А – Лістинг програми	Ошибка! Закладка не определена.

					IA62.120БАК.005.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис		<div>Мікропроцесорна система</div> <div>світлодіодного відображення.</div> <div>Пояснювальна записка</div>			
Розробив	Кондратьєв							
Перевірів	Шимкович В.							
Н. контр.								
Затв.					<div>Лім.</div> <div>Лист.</div> <div>Листів</div> <div>7</div> <div>КПІ ім. Ігоря</div> <div>Сікорського ФІОТ</div>			

ВСТУП

З швидким розвитком науки і техніки, технологія відображення також змінюється. В останні роки світлодіодні дисплеї широко використовувалися в громадських місцях для рекламних та інформаційних потреб через їх переваги у великому екрані, малій потужності, високій яскравості, тривалому терміні служби і гнучкому дисплеї. Проста і практична система управління залучає все більше уваги. У зв'язку з цим була поставлена задача по розробці продуктивної системи управління світлодіодним дисплеєм для домашнього використання з різноманітним функціоналом.

Метою бакалаврського проекту є поширення мікроконтролерної системи керування світлодіодним дисплеєм для домашнього використання, оскільки усі існуючі на ринку рішення є малодоступними або відрізняються функціоналом, а також більшість з них направлені на використання у цілях зовнішньої реклами.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані та вирішені наступні задачі:

- огляд та аналіз існуючих систем;
- розроблення схеми електричної структурної;
- розроблення схеми електричної функціональної;
- вибір технічних засобів в системі;
- розроблення алгоритму керуючої програми.
- Налаштування керування за допомогою Bluetooth модуля.

Особливістю розроблюваної системи є використання мобільного додатку для керування світлодіодним дисплеєм, що дозволяє відмовитись від додаткових приладів та є легкодоступним рішенням у сучасних реаліях. А також багатфункціональність системи завдяки високій продуктивності обраного мікроконтролера.

					IA62.120BAK.002.ПЗ	Лист
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Для проекту були підібрані бюджетні але водночас якісні компоненти. Мікроконтролер був вибраний за параметром ціна/продуктивність, а світлодіодна матриця повинна була бути не занадто малої роздільної здатності, але ї не дуже коштовною.

Результати проекту можуть бути використані в домашніх умовах для розважальних цілей або естетичної насолоди. Також вони можуть бути використані під час викладання курсів з мікроконтролерного програмування для дітей та підлітків.

Програмування мікроконтролера здійснювалося за допомогою Arduino IDE.

Розробка мобільного додатку здійснювалося за допомогою Android Studio.

Бакалаврський проект складається з наступних розділів: вступ, призначення і галузь застосування, огляд існуючих рішень, обґрунтування вибору технічних засобів, розробка схеми електричної структурної, розробка схеми електричної функціональної, розробка моделі, алгоритм керуючої програми, висновки, список використаних джерел із 25 найменувань, 2 додатків.

Графічна частина включає 4 кресленики формату А3: схема електрична структурна, схема електрична функціональна,

					ІА62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Світлодіодні екрани отримують все більше поширення - все частіше використовуються в цілях реклами на вулицях великих міст або в якості інформаційних екранів і дорожніх знаків. Експерти розвитку ринку реклами сходяться в єдиній думці про те, що з кожним роком частка світлодіодних інформаційних екранів на ринку рекламних технологій буде тільки зростати. Дійсно, повнокольорові світлодіодні табло поєднують в собі всі основні переваги існуючих візуальних рекламних технологій. Єдиним їх недоліком можна вважати досить високу вартість в порівнянні з іншими технологіями реклами.

Розроблювана система призначена для домашнього використання як елемент декору або як ігрова консоль. Вона спрямована на принесення естетичної насолоди та на розвагу користувача. В окремих випадках система може бути використана у рекламних цілях як біжучий рядок або вивіска з логотипом.

Система може показувати різноманітні ефекти, виводити налаштований біжучий текст, картинки, анімацію, час, є кілька класичних ігор, а також управління зі смартфона - режим малювання і відправки картинок і фотографій, ефекти, ігри з управлінням з телефону (додатковою функцією є керування акселерометром).

Оскільки система призначена для використання в домашніх умовах, то до конструктивних рішень висуваються певні вимоги, такі як, малі габарити, продуктивність та невелика ціна.

Малі розміри та продуктивність досягаються шляхом вибору необхідних компонентів. Сьогодні доступна велика кількість необхідних елементів, що мають невеликі розміри та гарну працездатність.

					IA62.120BAK.002.ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

Зараз існує дуже багато професійних рішень що до застосування Led екранів у наружній рекламі або для реклами у приміщеннях, але нажаль не існує жодної системи для домашнього використання. Найближчими рішеннями будуть біжучі рядки, але вони реалізують тільки одну з функцій нашої системи та коштують у декілька разів більше.

Самою схожою системою є Game Frame від компанії LedSeq [1]. Game Frame це аналогічна мікроконтролерна система світлодіодного відображення побудована на основі мікроконтролерної плати Teensy, яка є більш потужним аналогом Arduino, а також ідентичної світлодіодної матриці розміром 16x16. Система відрізняється від розроблюваної способом керування, а саме керування Game Frame виконується за допомогою дистанційного пульта керування, який являє собою пульт з трьома кнопками: “Power”, “Menu” та “Next”, що робить дану систему менш зручнішою для використання, а також у системі відсутні режими малювання та біжучої стрічки. Також система запрограмована на інші анімації та лише одну гру. Система Game Frame зображена на рисунку 2.1.

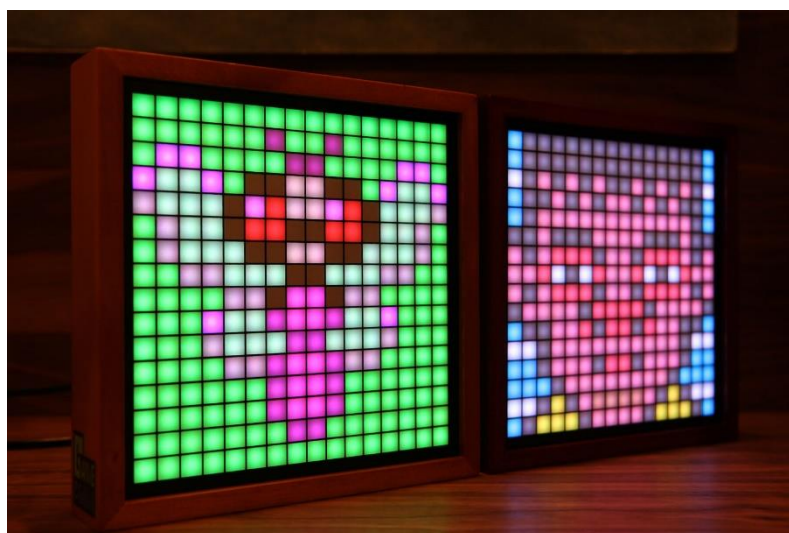


Рисунок 2.1 – Система Game Frame [1]

Також схожою системою є рюкзаки з led екраном [2]. Головною функцією рюкзака є вбудований кольоровий LED екран. Ви маєте змогу підключити смартфон до рюкзака через Wi-Fi, завантажити додаток Led Space App і зможете фантазувати з різноманітним дизайном. Додаток пропонує велику кількість різноманітних анімацій, але можна додавати свої зображення, фотографії, GIF-анімації, малювати і писати різні написи і вибирати для них тип відтворення. При цьому світлодіодний дисплей може служити не тільки для розваги, але і бути реально корисним. Наприклад, на рюкзаку дитини, якій потрібно переходити дорогу з великим трафіком, або велосипедиста / мотоцикліста, можна запрограмувати миготливу картинку. Це приверне увагу учасників дорожнього руху і зробить власника рюкзака більш помітним на дорозі. Або ви зможете використовувати екран рюкзака для реклами. Система led рюкзака зображена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Система led рюкзака [2]

Зробимо порівняльну характеристику даних систем та розроблюваної, яку зображено в таблиці 2.1.

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика систем

Характеристика	Розроблювана система	Led рюкзак	Game Frame
Діагональ, см	22	39	22
Режим ефектів	так	так	так
Режим картинки	так	так	так
Режим малювання	так	так	ні
Режим біжучої строки	так	так	ні
Ціна	800 грн	2500+ грн	5500 грн

Отже мікропроцесорна система, що проектується у даній роботі не є прямим аналогом наведених вище рішень. Від найближчого аналога розроблюємо систему відрізняє факт наявності більш різноманітного функціоналу, а від системи led рюкзака, важливий аспект, використання як окремої системи, а не як частину рюкзака. Тому це підтверджує актуальність та унікальність розроблюваної системи.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Для досягнення поставленої мети основні компоненти будуть обрані за наступними параметрами: плата мікроконтролера – обсяг флеш-пам'яті, тактова частота, розміри плати, вартість; світлодіодна матриця – роздільна здатність, споживання матриці, вартість; блок живлення - вихідна напруга, потужність.

Усі складові системи:

- мікроконтролер;
- світлодіодна матриця;
- блок живлення;
- bluetooth модуль;
- модуль годинника реального часу.

Перейдемо до детального опису кожної із складових.

3.1 Аналіз існуючих плат мікроконтролера

Головним компонентом системи є мікроконтролерна плата. Проаналізуємо доступні популярні плати Arduino та їх аналоги, та оберемо найбільш відповідний варіант.

3.1.1 Плата Arduino Nano

Arduino Nano - це невелика, повнофункціональна плата, адаптована для роботи з макетної платі, побудована на базі мікроконтролера ATmega328 (Arduino Nano 3.x) або Atmega168 (Arduino Nano 2.x) [3]. Вона має схожу з Arduino Mini функціональність, за винятком того, що вона має власний порт USB та конвертер. Таким чином, вона трохи більший, але не потрібно мати додатковий конвертер при вставці програми, тому розглядаємо тільки платформу Nano. Arduino Nano поставляється з кристалічним осцилятором частотою 16 МГц. Він

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

використовується для отримання точної тактової частоти з використанням постійної напруги. Arduino Nano може отримувати живлення через підключення Mini-B USB, або від нерегульованого 6-20В , або регульованого 5 В, зовнішнього джерела живлення. Автоматично вибирається джерело з найвищим напругою. Плата зображена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Плата Arduino Nano [4]

Основні характеристики Arduino Nano:

- вхідна напруга 7-12В;
- флеш-пам'ять - 32 Кб, з яких 2 Кб використовує завантажувач;
- тактова швидкість – 16 МГц;
- розміри - 1.85 см х 4.2 см.

3.1.2 Плата Arduino Mega

Arduino Mega побудована на мікроконтролері ATmega2560 [5]. Плата має 54 цифрових входів / виходів (14 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 16 аналогових входів, 4 послідовних порту UART, кварцовий генератор 16

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

МГц, USB коннектор, роз'єм живлення, роз'єм ICSP і кнопка перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC / DC, або акумуляторною батареєю. На платформі Arduino Mega2560 встановлено кілька пристроїв для здійснення зв'язку з комп'ютером, іншими пристроями Arduino або мікроконтролерами. ATmega2560 підтримує 4 порти послідовної передачі даних UART для TTL. Встановлена на платі мікросхема ATmega8U2 направляє один з інтерфейсів через USB, надаючи віртуальний COM порт програмами на комп'ютері. Плата зображена на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Плата Arduino Mega [5]

Основні характеристики Arduino Mega:

- вхідна напруга 7-12В;
- флеш-пам'ять – 256 Кб, з яких 8 Кб використовує завантажувач;
- тактова швидкість – 16 МГц;
- розміри – 5.3 см x 10.2 см.

3.1.3 Плата NodeMCU

Мікроконтролер ESP8266 NodeMCU V3 є платою розробника на базі чіпа ESP8266 (версія ESP12E), який представляє собою UART-WiFi модуль з ультра

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

низьким споживанням [6]. Сам чіп проектувався для пристроїв зі світу інтернет речей, а дана плата дозволяє спростити розробку, тому що на ній вже реалізовано підключення по USB, регулятор живлення і все виведення чіпа розведені на піни зі стандартним кроком 2.54 мм, що дозволяє вставити його в макетну плату і створити прототип навіть не включаючи паяльник. Крім цього плата поставляється з прошивкою NodeMCU, що дозволяє програмувати її за допомогою мови Lua або за допомогою Arduino IDE.

Для підключення зовнішніх пристроїв модуль має 11 портів введення / виводу. Крім того, деякі з висновків мультиплексовані з інтерфейсами UART, I2C, SPI, PWM і ADC. Для зручності макетування, все висновки плати виконані з кроком 2,54 мм. Живлення плати, а так само завантаження коду, здійснюється через MicroUSB роз'єм. Крім того, на відміну від використання стандартних AT команд, прошивка NodeMCU дозволяє відправляти модуль в режим глибокого сну для зниження енергоспоживання і відкриває доступ до широких можливостей модуля, недоступним в стандартній прошивці. Плата зображена на рисунку 3.3.

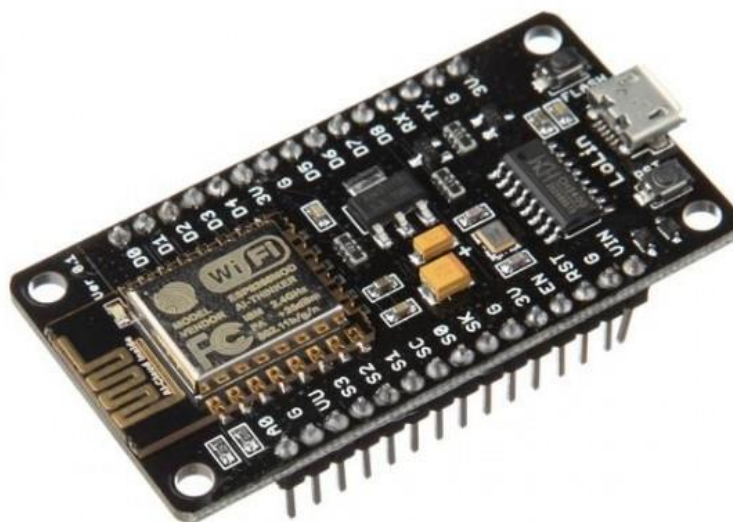


Рисунок 3.3 – Плата NodeMCU [7]

Основні характеристики NodeMCU:

- вхідна напруга 4.5-9В;
- флеш-пам'ять – 4Мб;
- тактова швидкість – 80 МГц;
- розміри – 58 мм х 31 мм.

3.1.4 Плата Wemos D1 mini

Плата WeMos D1 mini - це аналог плат Witty Cloud і NodeMCU v3, що має найменші серед них габарити і використовує модуль ESP8266 версії ESP-12F [8]. Для роботи WeMos D1 mini не потрібно зовнішній мікроконтролер або інше керуючий пристрій, так як крім Wi-Fi модуля в ESP-12F вже вбудований 32-бітний мікроконтролер з тактовою частотою 80 МГц, а також чіп флеш-пам'яті на 4 Мб. Модуль WeMos D1 mini - це відмінне рішення для використання в "інтернеті речей", системах віддаленого контролю або керування, автономних датчиках і т.д. Плата пропонує кілька варіантів роботи з Wi-Fi мережами, в тому числі може виступати клієнтом Wi-Fi мережі або сам створювати точку доступу. Використання WeMos D1 mini замість ESP8266 модуля істотно спрощує роботу з платформою, так як в модуль вже вбудовані USB-UART конвертер CH340, стабілізатор напруги, контакти розведені на роз'єм зі стандартним кроком 2.54 мм. Плата зображена на рисунку 3.4.

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

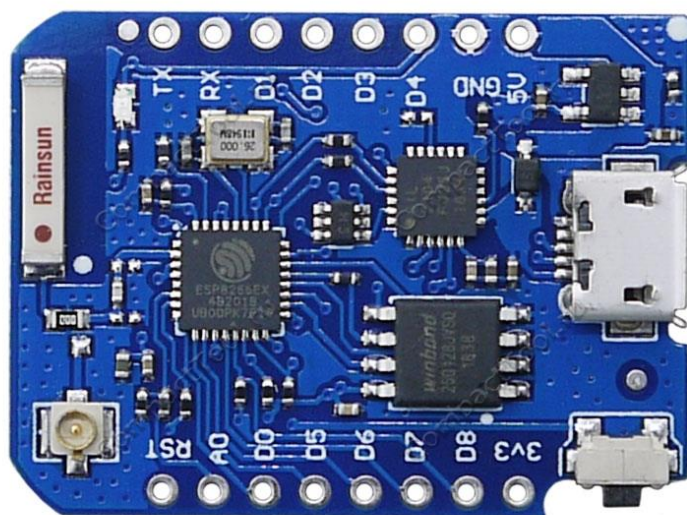


Рисунок 3.4 – Плата WeMos D1 mini [9]

Основні характеристики Wemos D1 mini:

- вхідна напруга 4.5-9В;
- флеш-пам'ять – 4Мб;
- тактова швидкість – 80 МГц;
- розміри – 33 мм x 26 мм.

3.1.5 Порівняльний аналіз плат

Порівняльна характеристика плат представлена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльний аналіз плат на мікроконтролері

Характеристики	Arduino Nano	Arduino Mega	Node MCU	WeMos D1 mini
Мікроконтролер	ATmega328	ATmega2560	ESP8266(версія ESP12E)	ESP8266(версія ESP12F)
Вхідна напруга, В	7-12	7-12	4.5-9	4.5-9

Продовження таблиці 3.1

Характеристики	Arduino Nano	Arduino Mega	Node MCU	WeMos D1 mini
Флеш-пам'ять, Кб	32	256	4000	4000
Тактова швидкість, МГц	16	16	80	80
Розміри, мм	185 x 42	102 X 53	58 x 31	33 x 26

Проаналізувавши усі вище наведені варіанти стає зрозуміло, що найкращим вибором для нашої системи є плата WeMos D1 mini, оскільки як і плата NodeMCU вона має найкращі характеристики, а саме 4 Мб флеш-пам'яті, 80 МГц тактової швидкості та невелику вхідну напругу, але виграє своїм меншим розміром.

Отже за апаратну основу взята плата WeMos D1 mini. Розглянемо обрану плату більш детально. Плата WeMos D1 mini використовує модуль ESP8266. Чіп ESP8266EX компанії Espressif це високо інтегроване Wi-Fi SoC рішення, яке задовольняє запити індустрії Інтернету речей в низькому енергоспоживанні, компактності і надійності. Маючи повноцінний Wi-Fi і мережевий стек, чіп ESP8266EX може як виконувати додатки самостійно, так і працювати під управлінням зовнішнього мікроконтролера [10]. Працюючи самостійно, ESP8266EX виконує додаток, завантажуючи його з зовнішньої флеш-пам'яті. Вбудований високошвидкісний кеш підвищує продуктивність системи і дозволяє ефективно використовувати оперативну пам'ять. Працюючи під керуванням зовнішнього мікроконтролера, ESP8266EX може виступати в ролі Wi-Fi адаптера, передаючи дані через SPI, SDIO, I2C або UART інтерфейси. ESP8266EX містить антенний перемикач, узгоджувальний трансформатор, підсилювач потужності, малошумний підсилювач, фільтри, модулі управління живленням. Компактна конструкція і висока ступінь інтеграції дозволяють мінімізувати розмір друкованої плати і число зовнішніх компонентів. ESP8266EX містить розширену версію 32-бітного процесора Lx106 фірми Tensilica серії Diamond і вбудовану

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

оперативну пам'ять (SRAM). Він може бути з'єднаний з зовнішніми датчиками і іншими пристроями через інтерфейси введення / виведення загального призначення (GPIO). Розташування виводів ESP8266EX зображено на рисунку 3.5.

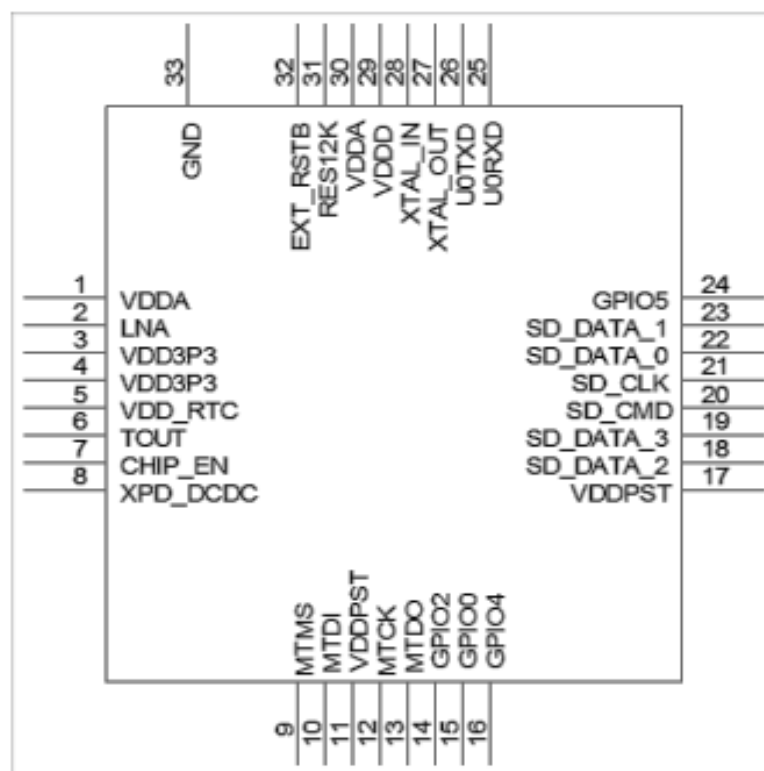


Рисунок 3.5 – Розташування виводів ESP8266EX. [11]

ESP8266EX містить 32-розрядний мікропроцесор Tensilica lx106. Тактова частота процесора - 80 МГц, можливо програмне переключення в режим 160 МГц. Система може легко працювати як операційна система реального часу (RTOS). В даний час Wi-Fi стек займає тільки 20% процесорного часу. Решта процесорний час може бути використано для призначених для користувача додатків. Мікропроцесор може взаємодіяти з іншими частинами чіпа через такі інтерфейси:

- програмований RAM / ROM інтерфейс (iBus), з'єднаний з контролером пам'яті і має доступ до зовнішньої флеш-пам'яті;
- інтерфейс пам'яті даних (dBus), з'єднаний з контролером пам'яті;
- АНВ інтерфейс, що надає доступ до периферійних регістрів.

ESP8266EX Wi-Fi SoC містить контролер пам'яті і блоки пам'яті, включаючи SRAM (ОЗУ) і ROM (ПЗУ). Мікроконтролер може звертатися до блокам пам'яті через iBus, dBus і AHB інтерфейси. У поточній версії SDK при роботі в режимі WiFi STA, обсяг оперативної пам'яті, доступною користувачам, становить 50 КБ. Цей обсяг включає в себе стек, сегменти data і heap. У ESP8266EX немає програмованої ROM, тому для користувача програма зберігається у зовнішній SPI флеш-пам'яті.

Режими низького енергоспоживання чіпа ESP8266 спеціально розроблені для мобільних пристроїв, переносної електроніки і сфери Інтернету речей із застосуванням передових технологій управління живленням. Передбачені 3 режиму енергоспоживання: активний режим (active mode), сплячий режим (sleep mode) і режим глибокого сну (deep sleep mode). ESP8266EX споживає близько 20 мкА в режимі глибокого сну (з працюючим таймером реального часу), і менше 1,0 мА (DTIM = 3) або менше 0.6 мА (DTIM = 10), щоб підтримувати з'єднання з точкою доступу. Опис режимів низького енергоспоживання чіпа ESP8266:

- off: напруга на виході CHIP_PU низька. Таймер реального часу відключений. Усі регістри скинуті;

- deep sleep: Тільки таймер реального часу включений - інша частина чіпа виключена. Резервна пам'ять таймера реального часу може містити базову інформацію про Wi-Fi з'єднання;

- sleep: Тільки таймер реального часу працює. Кварцовий генератор відключений. Будь-які події, які ініціюють пробудження (MAC, хост, таймер реального часу, зовнішні переривання) переведуть чіп в режим wake up;

- wake up: У цьому стані система переходить зі стану сну в режим on. Кварцовий генератор і ФАПЧ включені;

- on: Тактовий генератор високої частоти включений і подає сигнал на інші блоки в Відповідно до регістром управління тактовим сигналом. управління подачею тактового сигналу також реалізовано всередині окремих блоків. Наприклад, подача тактового сигналу на процесор може бути припинена за

допомогою інструкції WAITI. Схема управління енергоспоживанням зображено на рисунку 3.6.

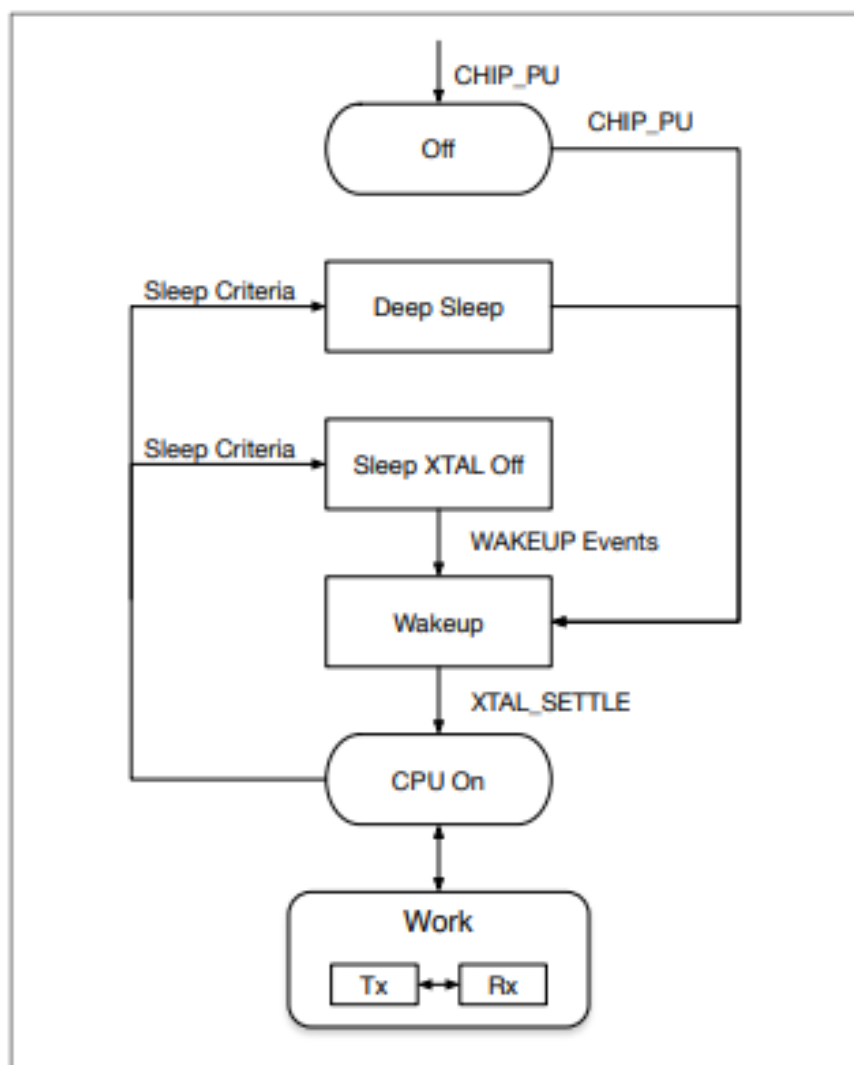


Рисунок 3.6 – Схема управління енергоспоживанням [12]

Отже ми розглянули обрану нами плату мікроконтролера там сам чіп на якому вона побудована. Розглянули усі можливості на переваги данного вибору.

3.2 Аналіз існуючих світлодіодних екранів

На сьогоднішній день існує багато видів екранів, але світлодіодні екрани з їх малою ціною відносно до інших технологій між іншим має ряд переваг, таких як:

- велика яскравість та гарна контрастність;
- можливість створити екран довільного розміру;
- гарна ремонтпридатність;
- миттєвий відгук;
- якість зображення не залежить від кута огляду;
- можуть гнутися.

Але також можна виявити декілька недоліків:

- досить великий розмір пікселів;
- найчастіше низька роздільна здатність.
- часте перегорання окремих світлодіодів, що приводить до ефекту «битого пікселя»;
- чутливість до впливу вологи.

Також світлодіодні екрани поділяються на два типи, матричні та кластерні [13]. У кластерних екранах кожен піксель, що містить від трьох до кількох десятків світлодіодів, об'єднаний в окремому світлоізовлюваному корпусі, який залитий герметизуючим компаундом. Такий конструктивний елемент називається кластером.

Кластери, що утворюють інформаційне поле екрану, закріплені за допомогою гвинтів на лицьовій поверхні екрана. Від кожного кластера відходить джгут проводів, що підключається, за допомогою електричного з'єднувача, до відповідної схеми управління (плати). Такий спосіб побудови повнокольорових світлодіодних екранів поступово відмирає, поступаючи місцем більш технологічному матричному принципу.

У матричних екранах кластери і керуюча плата об'єднані в єдине ціле - матрицю, тобто на керуючій платі змонтовані і світлодіоди і комутуюча електроніка, яка залита герметизуючим компаундом. В залежності від розміру і роздільної здатності екрану, кількість світлодіодів, що становлять піксель, може коливатися від трьох до кількох десятків. А розподіл кількості світлодіодів за

кольорами в пікселі змінюється від типу застосовуваних світлодіодів в інтересах дотримання балансу білого.

Також вибираємо матрицю на основі адресних світлодіодів. Це означає, що кожен світлодіод хоча і отримує живлення паралельно від загального джерела, включається кожен світлодіод за індивідуальною команді, і значить, на кожному світлодіоді можна отримати власний унікальний відтінок, один з $255^3 = 16581375$ можливих.

Кожен світлодіод в матриці має свою унікальну адресу, по якій драйвер звертається до нього за допомогою трьохбітної команди. Команди вирушають у лінію послідовно, для цього служить третій на стрічці провід «DATA INPUT». Матриця зображена на рисунку 3.5.

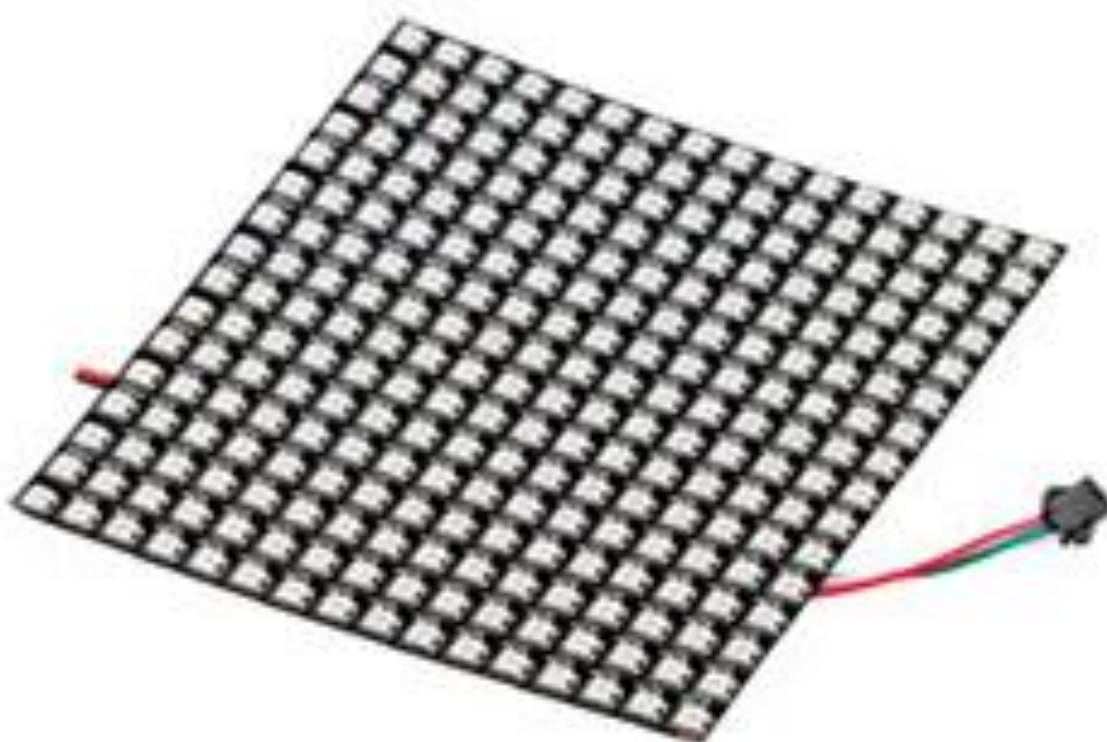


Рисунок 3.5 – Матриця з адресними діодами ws2812b [14]

Оскільки розроблювана система буде використовуватись в домашніх умовах, обираємо світлодіодний екран матричного типу невеликих розмірів, а саме гнучку матрицю з адресними діодами ws2812b на 256 діодів 160x160мм, яка зображена на

рисунку 3.5. Вона являє собою квадрат 16 діодів на 16 діодів розміром 160 на 160 мм. Матриці можна легко розрізати і з'єднувати в ланцюг відповідно до вказівників.

Характеристики матриці з адресними діодами ws2812b:

- світлодіод: 5050;
- драйвер: WS2812b;
- напруга: 5 вольт;
- потужність: 50 Вт;
- Кількість діодів: 256 шт.
- яскравість: 4600 люмен;
- ступінь захисту: ір20 (не захищена від вологи і пилу);

WS2801 - це світлодіодний драйвер постійного струму [15]. Він призначений для світлодіодних дисплеїв, які використовуються всередині і поза приміщеннями та для декоративних світлодіодних систем освітлення. Він підходить для каскадних світлодіодних систем. WS2801 має 3 вихідних канали, кожен канал може підняти постійний струм до 30 мА. WS2801 містить регістри послідовного зсуву, засувки даних, вихідні регістри, генератор опорної напруги забороненої зони, внутрішні генератор і програмовані драйвери постійного струму. Буфери виводу даних і тактової частоти призначені для каскадування іншого чіпа. Функція зворотної полярності виходу призначена для управління світлодіодами високої потужності шляхом адаптації схеми застосування. WS2801 приймає надійну 2-дротову схему, яка має низький рівень захисту від електромагнітних завад, дуже сильний захист від перешкод і підтримує гарячу заміну. Двухдротова схема управління може зменшити вартість системи; це дуже підходить для недорогих світлодіодних декоративних світлодіодних систем освітлення.

SPI - специфікація інтерфейсу синхронного послідовного зв'язку, що використовується для зв'язку на коротких відстанях, головним чином у вбудованих системах. Інтерфейс був розроблений Motorola в середині 1980-х і став фактично стандартом. Типові програми включають в себе захищені цифрові карти та рідкокристалічні дисплеї. SPI-пристрої спілкуються в режимі повного

					ІА62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

дуплексу, використовуючи архітектуру master-slave з одним ведучим. Головний пристрій створює кадр для читання та запису. Кілька підлеглих пристроїв підтримуються шляхом вибору з індивідуальним довідником вибору (SS), який іноді називають чіпами (CS) вибору. Іноді SPI називають чотирьох-провідною послідовною шиною, контрастною з три-, дво- та одно-провідними послідовними шинами. SPI може бути точно описаний як синхронний послідовний інтерфейс, але він відрізняється від протоколу синхронного послідовного інтерфейсу (SSI), який також є чотирьох-провідним протоколом синхронного послідовного зв'язку. У протоколі SSI використовується диференціальна сигналізація і надається лише один симплексний канал зв'язку. SPI - це один ведучий і багатовладний зв'язок.

I2C - це послідовний протокол для двопровідного інтерфейсу для підключення низькошвидкісних пристроїв, таких як мікроконтролери, EEPROM, А / D і D / А перетворювачі, інтерфейси вводу / виводу та інші подібні периферійні пристрої у вбудованих системах. Він був винайдений Philips і зараз його використовують майже всі великі виробники ІС. Кожному підлеглому пристрою I2C потрібна адреса - вони все одно повинні бути отримані від NXP (раніше напівпровідники Philips).

Шина I2C популярна тим, що вона проста у використанні, їх може бути більше, ніж один головний, визначається лише верхня швидкість шини, а для підключення майже необмеженої кількості пристроїв I2C потрібні лише два дроти з підтягуючими резисторами. I2C може використовувати навіть повільніші мікроконтролери з загальноприйнятими штифтами вводу / виводу, оскільки їм потрібно лише створити правильні умови запуску та зупинки на додаток до функцій для читання та запису байта.

3.3 Блок живлення

Для коректного вибору блока живлення нам відома потрібна напруга, а також наведено наступну таблицю 3.2, для розрахунку потрібного струму.

					IA62.120BAK.002.ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.2 – Розрахунок потрібного струму

Режим	Яскравість, %	Струм на 1 діод, А
Усі діоди горять білим кольором (режим ліхтаря)	50	0.03
	100	0.06
Кольорове зображення	50	0.01
	100	0.02
Режим гри або не повноекранного ефекту	50	0.005
	100	0.01

Оскільки режим ліхтаря є енерговитратним та його використання не є доцільним, зрозуміло, що нам потрібен блок живлення з напругою на виході 5В та струмом на виході 5А, блок живлення показан на малюнку 3.6.



Рисунок 3.6 – Блок живлення [16]

Обраний блок живлення є дуже тихим, легким та одночасно високоефективним. Блок живлення RS-25-5 має захист від коротких замикань та перенавантажень по струму та напрузі, а також має захист від перенагрівання. Фіксована частота комутації на 56 кГц. На блоці живлення присутній індикатор наявності напруги живлення. Споживання RS-25-5 без навантаження менше 0.5Вт. Також в ньому використовуються електролітичні конденсатори з тривалим терміном служби. У RS-25-5 широкий діапазон робочих температур до 70°C а також наявне природне охолодження, завдяки спеціальній конструкції корпусу. У серії RS вбудованих джерел живлення добре поєднуються високі електричні параметри при дуже невеликих розмірах.

3.4 Бездротовий зв'язок

IoT надзвичайно зростає у останні роки, і на сьогоднішній день це один з провідних тенденцій у світі технологій [17]. Навіть більше того, він все ще зростає з кожним днем, і не скоро сповільнюється. З потребою у нових рішеннях IoT виникають питання щодо бездротового зв'язку.

На сьогоднішній день у нас є багато стандартів підключення, таких як NFC, IR та багато іншого. Але серед усіх найпопулярніші - Bluetooth та WiFi. Хоча обидва вони виникли задовго до того, як сама концепція IoT була сформована і використовувалися в інших цілях, тепер вони завойовують його ринок. Оскільки питання який з них вибрати є дуже актуальним, то порівняємо ці дві технології бездротового зв'язку.

Bluetooth - стандарт бездротової технології для обміну даними на невеликі відстані. Він працює на радіохвилях УВЧ. Це вважалося заміною RSS-кабелів. Специфікація Bluetooth 4 представила технологію низького рівня енергії Bluetooth (BLE). Цей новий варіант широко застосовується в IoT, оскільки його низьке споживання енергії ідеально вписується в цей варіант використання.

WiFi - це технологія бездротової локальної мережі пристроїв на основі стандартів IEEE 802.11. WiFi працює на частотах 2,4 ГГц або 5 ГГц і, як правило,

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

працює на більших відстанях, ніж Bluetooth. У 2017 році був опублікований новий протокол під назвою WiFi HaLow. Він був розроблений спеціально для IoT, забезпечуючи більш низьке споживання енергії та більший діапазон передачі, ніж попередні стандарти, але він ще не використовується широко.

BLE був розроблений для надсилання невеликих фрагментів даних. Через це він найбільш підходить для передачі легких даних, таких як числові значення, від датчиків. BLE може забезпечити пропускну здатність близько 1 Мбіт / с. Bluetooth Classic у 2-3 рази швидший.

Навіть повільніші стандарти WiFi, оскільки HaLow може надсилати дані до 347 Мбіт / с, а більш швидкі стандарти можуть передавати дані понад 1,3 Гбіт/с. Тому WiFi добре підходить для передачі важких даних, таких як відео, фотографії тощо.

Раніше Bluetooth мав серйозні недоліки в безпеці, але більшість з них було вирішено за новішими стандартами. У більшості випадків найкращі стандарти безпеки не застосовуються, але при належному налаштуванні з'єднання може бути захищеним. Якщо ви хочете прочитати більше про налаштування належної безпеки BLE, рекомендую прочитати цю статтю.

WiFi з іншого боку раніше стосувався безпеки, тому він розробляв протоколи безпеки, відповідно WEP, WPA, WPA2 та WPA3. Переважно використовувати найновіший можливий протокол безпеки, WPA3. Правильно встановлена безпека з'єднання Bluetooth була б достатньо майже у всіх випадках, але якщо дані, які ви хочете передати, дуже делікатні, і вам потрібна додаткова безпека, тоді подумайте про використання WiFi.

Діапазон Bluetooth багато в чому залежить від перешкод, тому він буде змінюватися залежно від того, де ви хочете його використовувати. Також є багато модулів Bluetooth, і вони матимуть різний максимальний діапазон. Зазвичай це буде між 40 - 400 м. Але навіть існують модулі, які можуть забезпечити дальність до 1000 м.

Як правило, маршрутизатори Wi-Fi, що працюють на традиційних 2,4 ГГц, досягають 46 м у приміщенні та 92 м на відкритому повітрі. 5 ГГц WiFi більш

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

чутливий до перешкод, ніж 2,4 ГГц. Але WiFi HaLow, який був розроблений для досягнення великих відстаней, працює на частоті менше 1 ГГц і може досягати 1 км.

У більшості випадків пристрої Bluetooth споживають менше енергії, ніж WiFi. BLE був розроблений спеціально для низького споживання енергії. Різниця досить значна, оскільки пристрої WiFi можуть використовувати електричну енергію в 10 разів або більше, ніж пристрої BLE. Отже, якщо ви хочете використовувати WiFi, ви повинні розглянути можливість надання джерела живлення та врахувати додаткові витрати.

Пристрої Bluetooth зазвичай дешевші. Вони споживають низьку потужність, тому щоденні витрати є меншими, а також міняти батарею доводиться дуже рідко. Крім того, встановити правильну конфігурацію Wi-Fi досить складно, тому налаштування буде дорожчою.

У ESP8266EX реалізований повний 802.11 b / g / n / e / i WLAN MAC протокол з підтримкою специфікації Wi-Fi Direct. Можлива робота не тільки в режимі BSS, але і робота в групі P2P відповідно до останнього протоколом Wi-Fi P2P. все низькорівневі функції WiFi протоколу обробляються ESP8266EX автоматично:

- RTS / CTS;
- підтвердження;
- фрагментація і дефрагментація;
- агрегація;
- інкапсуляція фреймів (802.11h / RFC тисячі сорок дві);
- автоматичні моніторинг / сканування beacon-пакетів;
- P2P Wi-Fi direct.

Пасивне або активне сканування, а також процедура виявлення P2P виконується автономно після першого ініціювання відповідної команди. Управління живленням здійснюється з мінімальним взаємодією з хостом, щоб мінімізувати час роботи в активному режимі.

Також розглянемо два найпопулярніших Bluetooth модуля, hc-05 та hc-06, який зображен на рисунку 3.7. Відмінності між ними в тому, що перший може

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

працювати як в режимі ведучого (slave), так і в режимі веденого (master). Другий же є чисто веденим пристроєм. Іншими словами, HC-06 не може сам виявити парне пристрій і налагодити з ним зв'язок, він може лише підкоритися ведучому. Однак, після того як зв'язок встановлено, модулі можуть передавати дані в обох напрямках, хоч HC-05, хоч HC-06. Модуль HC-06 зображен на рисунку 3.7.

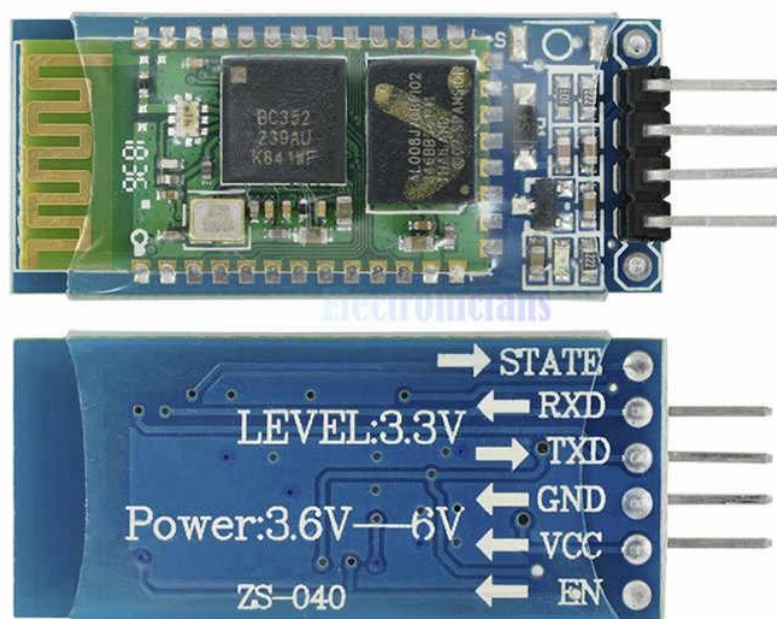


Рисунок 3.7 – Bluetooth модуль HC-06 [18]

Інші характеристики Bluetooth модулів ідентичні:

- напруга живлення: сигнальні лінії 3,3 В, живлення 5 В;
- робочий струм: від 15 до 30 мА;
- контролер: BC417143;
- підтримувані профілі: послідовний порт Bluetooth (провідний / ведений / loopback (петля));
- специфікація Bluetooth: v2.0 + EDR;

- частота: 2,4 ГГц;
- модуляція: GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying);
- потужність: ≤ 4 дБм, клас 2;
- чутливість: ≤ -84 дБм при 0.1% BER;
- швидкість асинхронної передачі: 2,1 Мбіт / с;
- швидкість синхронної передачі: 1 Мбіт / с;
- робоча дистанція: до 10 м;
- робоча температура: від -5 до + 45 ° С.

Отже, обидві технології мають свої сильні та слабкі сторони. Але для вирішення поставлених задач обираємо Bluetooth модуль через його малу енергозатратність, низьку ціну, гарний сигнал. Оскільки різниця в вартості обох розглянутих модулів є незначною, обираємо hc-05 для можливого розширення функціоналу системи.

3.5 Модуль годинника реального часу

Модуль DS3231 (RTC, ZS-042) - являє собою недорогої плату з надзвичайно точними годинами реального часу (RTC), з температурною компенсацією кварцового генератора і кристала [19]. Модуль включає в себе літєвої батареї, яка підтримує безперебійну роботу, навіть при відключенні джерело живлення. Інтегрований генератор поліпшити точність пристрою і дозволив зменшити кількість компонентів.

Технічні параметри модуля DS3231:

- напруга живлення: 3.3В і 5В;
- чіп пам'яті: AT24C32 (32 Кб);
- точність: ± 0.432 сек в день;
- частота кварцу: 32.768 кГц;
- підтримуваний протокол: I2C;
- габарити: 38мм x 22мм x 15мм.

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Більшість мікросхем, таких як DS1307 використовують зовнішній кварцовий генератор частотою 32кГц, але в них є істотний недолік, при зміні температури змінюється частота кварцу, що призводить до похибки в підрахунку часу. Ця проблема усунена в чіпі DS3231, всередину якого встановили кварцовий генератор і датчик температури, який компенсує зміни температури, так що час залишається точним (при необхідності, дані температури можна вважати). Так само чіп DS3231 підтримує секунди, хвилини, години, день тижня, дата, місяць і рік інформацію, а так само стежить за кількістю днів у місяці та робить поправку на високосний рік. Підтримує роботу годин в двох форматів 24 і 12, а так-же можливо запрограмувати два будильника. Модуль працює по двох провідній шині I2C.

Розглянемо сам модуль, побудований він на мікросхемі DS3231N. Резисторна збірка RP1 (4.7 кОм), необхідна для підтяжки ліній 32K, SQW, SCL і SDA. Друга збірка резисторів, необхідна для підтяжки ліній A0, A1 і A2, необхідні вони для зміни адресації мікросхеми пам'яті AT24C32N. Резистор R5 і діод D1, служать для підзарядки батареї. Так само встановлена мікросхема пам'яті AT24C32N. Резистор R1 і світлодіод Power, сигналізують про включення модуля. Як і говорилося, модуль працює по шині I2C, для зручності ці шини були виведені на два роз'єми J1 і J2.

Модуль DS3231 має 6 виводів:

- GND – загальний;
- VCC – живлення 2,7 - 5,3 В;
- SDA – вхід / вихід даних інтерфейсу I2C;
- SCL – синхронізація інтерфейсу I2C;
- SQW – переривання від будильників або вихід імпульсів 1-8192 Гц;
- 32K – вихід імпульсів 32768 Гц .

Зовнішній вигляд модуля зображено на рисунку 3.8.

					ІА62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



Рисунок 3.8 – Модуль годинника реального часу [19]

Отже обраний модуль годинника реального часу є найактуальнішим рішення для реалізації режиму годинника в програмній частині.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ

Структурна схема це сукупність елементарних ланок об'єкта і зв'язків між ними, один з видів графічної моделі. Під елементарним ланкою мається на увазі частина об'єкта, системи управління і т. д., яка реалізує елементарну функцію. Виходячи з технічного завдання і результатів аналізу розглянутих вище аналогічних систем, в дипломному проекті була розроблена структурна схема мікроконтролерної системи керування світлодіодного відображення.

Розроблена структурна схема мікроконтролерної системи керування світлодіодного відображення представлена на кресленику ІА62.120БАК.005.Э1.

Умовно, усі елементи на схемі можна розділити на чотири групи:

- інформаційні пристрої;
- пристрої обробки інформації;
- виконавчі пристрої;
- допоміжні елементи.

До першої групи відноситься телефон з розробленим мобільним додатком. Це основний давач інформації. Дані, що надходять з нього передаються далі для подальшої обробки.

Пристрої обробки інформації, до яких відноситься мікроконтролер приймає інформацію та обробляє її. Результатом роботи цих блоків є керуючі впливи на виконавчі пристрої.

Виконавчим пристроєм виступає світлодіодна матриця, яка відображає потрібну інформацію, яка була введена у мобільному додатку та оброблена на мікроконтролері.

5 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ

Схема електрична функціональна – це найзагальніша електрична схема за рівнем абстрагування і зазвичай показує лише функційні зв'язки між складовими частинами даного об'єкта, що розкривають його суть і дають уявлення про функції об'єкту, зображеного на даному кресленнику. Розроблена електрична функціональна схема представлена на кресленнику ІА62.120БАК.005.Э2.

На схемі зображено функціональні особливості елементів системи.

Першим елементом блока живлення є мережевий фільтр на який поступає живлення, його задача мінімізувати мережеві перешкоди, як вхідні, так і вихідні, які з'являються під час праці. Далі встановлено трансформатор завдяки котрому здійснюється перетворення амплітуди вхідної напруги. Наступний блок це випрямляч, його задача перетворити синусоїдний струм в імпульсний, для цього використовуються напівпровідні елементи. Через вихідний фільтр здійснюється подача напруги на ланцюг.

Головним елементом мікроконтролерної плати Wemos D1 mini є мікроконтролер ESP8266. Через контролер пам'яті мікроконтролер звертається до двох типів пам'яті: Flash та SRAM, вони представлені у вигляді оперативного запам'ятовуючого пристрою та постійного запам'ятовуючого пристрою. Через АЦП та ЦАП мікроконтролер отримує та відправляє дані.

У Bluetooth платі HC-06 присутній стабілізатор напруги, призначений для підтримки вихідної напруги в узьких межах, у нашому випадку 3.3В. Головним елементом Bluetooth плати є ядро. Як і в мікроконтролерній платі присутній контролер пам'яті який виконує туж саму функцію. Блок портів вводу та виводу призначений для спілкування плати з іншими елементами системи.

					ІА62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

6 РЕАЛІЗАЦІЯ АППАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

Для початку треба з'єднати усі обрані компоненти. З'єднаємо світлодіодну матрицю з платою мікроконтролера. Підключимо логічний пін D4 плати мікроконтролера до Din світлодіодної матриці через резистор номіналом 220 Ом, це потрібно для захисту піна плати мікроконтролера від перенавантажень, тобто обмежити струм в ланцюзі. Наступним кроком з'єднаємо плату Bluetooth UART HC-05 з платою мікроконтролера. Для цього з'єднаємо пін плати Bluetooth RXD з піном мікроконтролера TX, а пін TXD з пінном RX. Далі з'єднаємо модуль годинника DS3231 з платою мікроконтролера. Для цього з'єднаємо пін плати мікроконтролера D1 з піном модуля SCL, а пін D2 з піном SDA. Останнім кроком треба під'єднати живлення до усіх плат. З'єднаємо усі піни VCC з піном блока живлення +V, а усі піни GND з піном -V.

Для фільтрації різких перепадів напруги, які створює матриця при зміні кольорів потрібно на живлення плати мікроконтролера під'єднати конденсатор напругою від 6.3V та ємністю 470мкФ або більше. Також потрібен конденсатор на живлення матриці для полегшення роботи блоку живлення при різких змінах яскравості матриці.

Щоб зображення на матриці виглядало максимально чітким та піксельним була розроблена 3-D модель корпусу, який потім був надрукований на 3-D принтері. Корпус уявляє собою об'ємну решітку, модель зображена на рисунку 6.2, поверх якої треба покласти розсіювач, у нашому випадку напівпрозорий пластик, а зверху тоноване скло, воно потрібно для кращої передачі кольору. Усе закріплюється другою складовою корпусу.

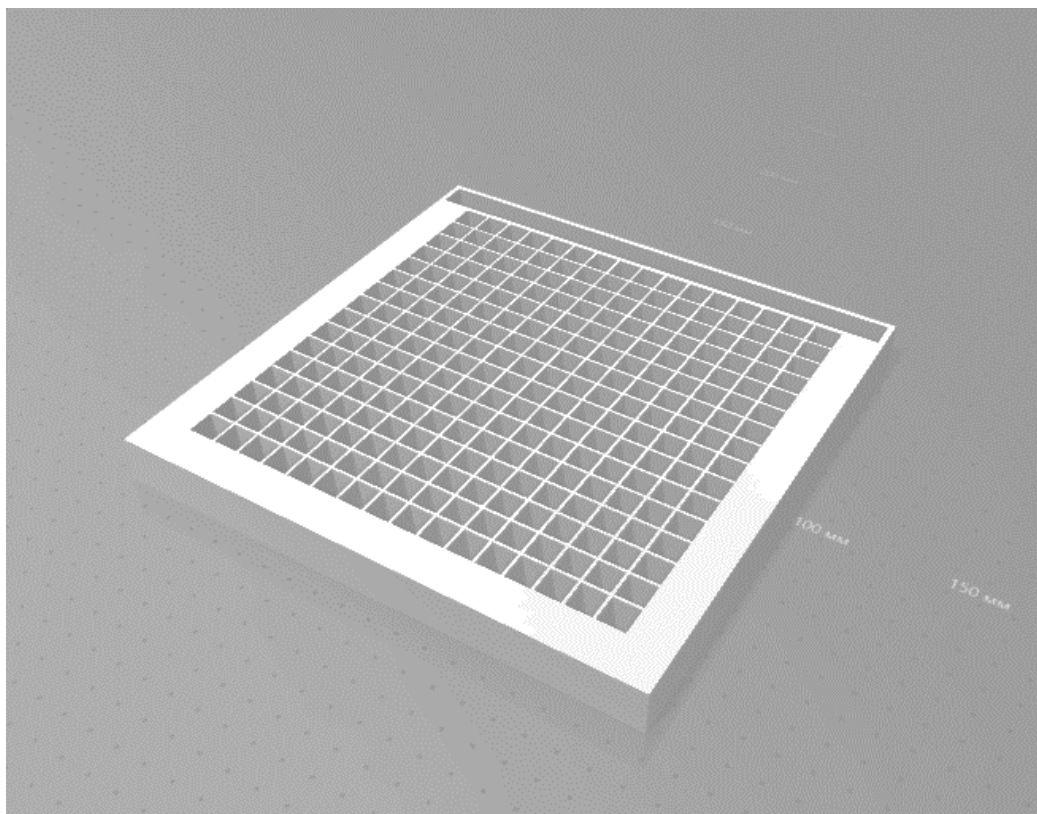


Рисунок 6.2 – 3-D модель корпусу.

Автономне налагодження апаратури на основі МК з відкритою архітектурою передбачає контроль стану багаторозрядних магістралей адреси і даних з метою перевірки правильності звернення до зовнішніх ресурсів пам'яті і периферійних пристроїв. Закрита архітектура МК передбачає реалізацію більшості функцій розроблювального пристрою внутрішніми засобами мікроконтролера. Тому розроблений контролер матиме мале число периферійних ІС, а обмін з ними буде йти переважно по послідовним інтерфейсах. Тут на перший план вийдуть питання узгодження по здатності навантаження паралельних портів МК і налагодження алгоритмів обміну по послідовних каналах.

На етапі розробки структури системи остаточно визначається і підлягають розробці склад наявних апаратних модулів, протоколи обміну між модулями, типи роз'ємів. Виконується попереднє опрацювання конструкції контролера.

Схему під'єднання компонентів наведено на рисунку 6.1.

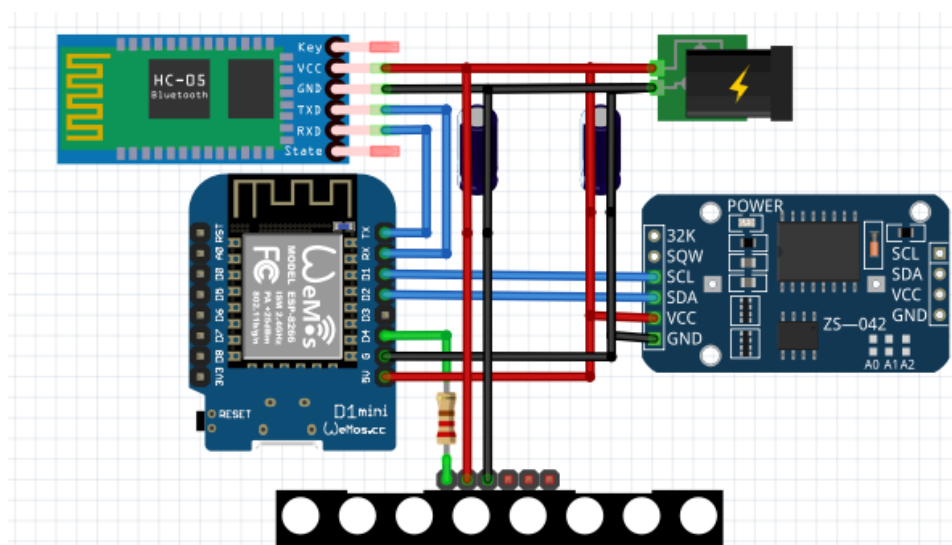


Рисунок 6.1 – Схема під'єднання компонентів.

7 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ

7.1 Прошивка мікроконтролера

Технологія проектування контролерів на базі МК цілком відповідає принципу нерозривного проектування і налагодження апаратних і програмних засобів, прийнятому в мікропроцесорній техніці. Це означає, що перед розробником такого роду МПС стоїть завдання реалізації повного циклу проектування, починаючи від розробки алгоритму функціонування і закінчуючи комплексними випробуваннями в складі виробу, а, можливо, і супроводом при виробництві. Сформована на теперішній час методологія проектування контролерів може бути представлена так, як показано на рисунку 7.1.

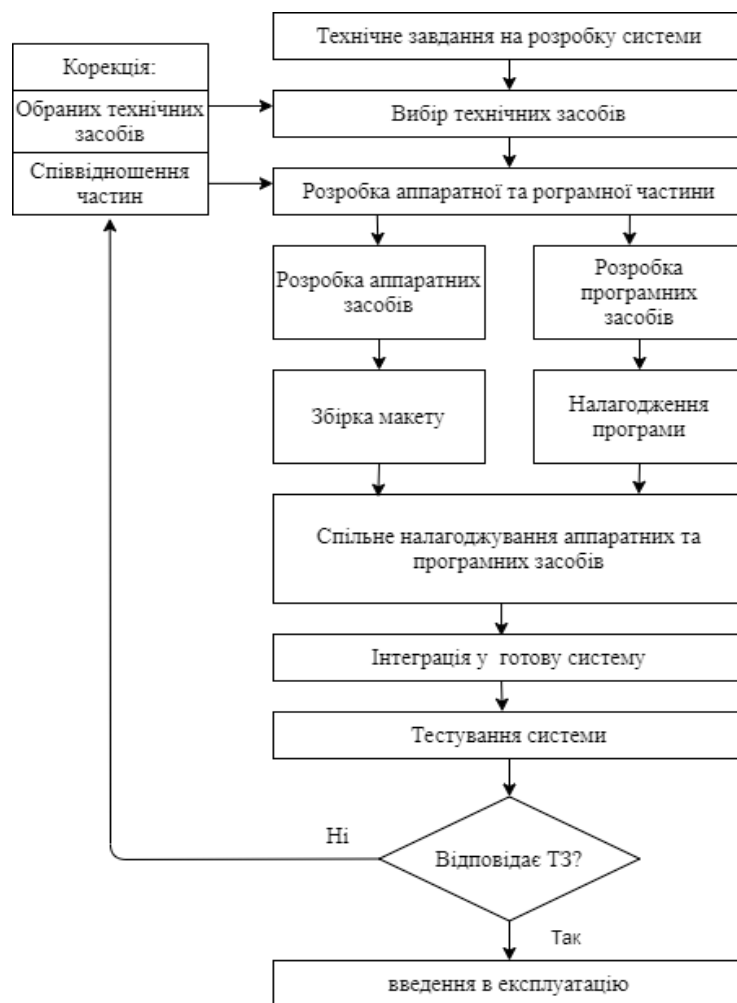


Рисунок 7.1 – Основні етапи розробки системи

Етап розробки алгоритму управління є найбільш відповідальним, оскільки помилки даного етапу зазвичай виявляються тільки при випробуваннях закінченого виробу і призводять до необхідності переробки всього пристрою.

При цьому необхідно виходити з того, що максимальне використання апаратних засобів спрощує розробку і забезпечує високу швидкість контролера в цілому, але супроводжується, як правило, збільшенням вартості і споживаної потужності. Пов'язано це з тим, що збільшення частки апаратних засобів досягається або шляхом вибору більш складного МК, або шляхом використання спеціалізованих інтерфейсних схем.

На етапі розробки структури контролера остаточно визначається склад наявних апаратних модулів, що підлягають розробці, протоколи обміну між модулями, типи роз'ємів. Виконується попереднє опрацювання конструкції контролера.

Зміст етапів розробки програмного забезпечення, його трансляції та налагодження на моделях істотно залежить від використовуваних системних засобів. В даний час ресурси 8-розрядних МК достатні для підтримки програмування на мовах високого рівня. Це дозволяє використовувати всі переваги структурного програмування, розробляти програмне забезпечення з використанням окремо трансльованих модулів. Одночасно продовжують широко використовуватися мови низького рівня типу асемблера, особливо при необхідності забезпечення контрольованих інтервалів часу. Завдання попередньої обробки даних часто вимагають використання обчислень з плаваючою точкою, трансцендентних функцій.

В даний час найпотужнішим засобом розробки програмного забезпечення для МК є інтегровані середовища розробки, що мають в своєму складі менеджер проектів, текстовий редактор і симулятор, а також допускають підключення компіляторів мов високого рівня.

Написання програмного кода для Wemos d1 mini дуже схоже до написання скетчів для Arduino та здійснюється у Arduino IDE, але для цього необхідно встановити драйвер CH340. Перед тим, як завантажити програму, потрібно

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

встановити режими роботи мікроконтролера - завантаження коду (Upload Using), задати потрібну частоту (CPU frequency), вибрати розмір флеш пам'яті (Flash Size), задати швидкість передачі (Upload Speed) і вибрати потрібний порт.

Для написання мікроконтролерної прошивки була застосована бібліотека FastLed [20]. Це бібліотека для легкого та ефективного керування широким спектром світлодіодних чіпсетів, таких як Adafruit (Neopixel, DotStar, LPD8806), Sparkfun (WS2801) та aliexpress. Ця бібліотека також включає в себе ряд функцій для високоефективної 8-бітової математики для маніпулювання RGB-значеннями, а також класи низького рівня для обмеження доступу до шпильок та обладнання SPI, зберігаючи все так само швидко якомога.

Бібліотека підтримує ряд світлодіодних чіпсетів, які описані далі.

SPI Chipsets - набори мікросхем на основі SPI зазвичай мають 4 дроти - дані, годинник, потужність та земля. Перевага цих чіпсетів полягає в тому, що вони є дешевими, протокол даних SPI справляється на великих відстанях, а з деякими чіпсетами можна отримати дуже високі швидкості передачі даних.

3-Wire Chipsets - три дрітні світлодіодні пікселі стають досить популярними. Маючи лише лінію передачі даних, заземлення та живлення, вони трохи компактніші, ніж чіпсети на основі SPI.

У бібліотеці є два основних типи пікселів - клас CRGB та клас CHSV. Об'єкти CHSV повинні бути перетворені в об'єкти CRGB, перш ніж вони можуть бути виписані. Також є можливість записувати об'єкти CHSV в масив CRGB і мати необхідний переклад.

"CRGB" - це об'єкт, що представляє колір у кольоровому просторі RGB. Він містить:

- значення в один байт (0-255), що представляє кількість червоного;
- значення в один байт (0-255), що представляє кількість зеленого кольору;
- значення в один байт (0-255), що представляє кількість блакитного кольору в заданому кольорі.

Зазвичай при використанні цієї бібліотеки кожна світлодіодна смуга представлена у вигляді масиву кольорів CRGB, одного кольору для кожного світлодіодного пікселя.

Крім простого зберігання даних для RGB кольорів кожного світлодіодного пікселя, клас CRGB також пропонує декілька корисних методів маніпулювання кольором.

Бібліотека забезпечує швидкі, ефективні методи перетворення кольору CHSV в колір CRGB. Багато з них є автоматичними і не вимагають явного коду.

Система була розроблена таким чином, що кожний функціональний модуль можна відключати та підключати на програмному рівні для економії пам'яті мікроконтролера ті збільшення швидкості праці системи. Існуючі два типи пам'яті: Flash (у якій завантажується сам код прошивки) та SRAM (оперативна пам'ять призначена для зберігання змінних) можна завантажувати до різних меж. Для швидкої праці мікроконтролера SRAM краще не завантажувати більш ніж на 90%, а Flash пам'ять можна на 100%. Для цього було розраховано навантаження кожного модуля на обидва виду пам'яті, результати розрахування зображені у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Результати розрахування навантаження пам'яті

Модуль	Flash, %	SRAM, %	Опис
Світлодіоди(10,шт.)	0	2.5	Кожні десять світлодіодів
BT_MODE	14	2	Підтримка управління через Bluetooth
USE_NOISEEFFECTS	11	16	Повноекранні "Noise" ефекти
USE_FONTS	5	1	Режими біжучого рядка
USE_CLOCK	13	22	Годинник (RTC DS3231) з накладенням
USE_TETRIS	7	3	Гра тетріс
USE_SNAKE	4	5	Грі змійка

Отже для збільшення швидкодії система треба відключити непотрібні режими у налаштуваннях прошивки.

Розглянемо основні налаштування системи та налаштування окремих модулів. Система має велику кількість налаштувань, але є важливі параметри, без правильного зазначення яких система буде працювати некоректно.

CURRENT_LIMIT - ліміт по струму в міліамперах. Система може розраховувати струм споживання матриці на основі аналізу кольору та яскравості кожного світлодіода і автоматично зменшувати загальну яскравість (тобто споживання матриці), щоб струм не виходив за вказаний ліміт. Таким чином можна жити матрицю навіть від слабкого блоку живлення.

MATRIX_TYPE, CONNECTION_ANGLE і STRIP_DIRECTION задають тип з'єднання матриці, її становище і точку підключення.

WIDTH і HEIGHT - ширина і висота матриці в кількості світлодіодів.

Також розглянемо загальні налаштування у режимах ефектів та ігор.

D_TEXT_SPEED – параметр який задає швидкість біжучого тексту, задається у мілісекундах.

D_EFFECT_SPEED – параметр який задає швидкість відображення ефектів, задається у мілісекундах.

D_GAME_SPEED – параметр який задає швидкість відображення ігор, задається у мілісекундах.

AUTOPLAY_PERIOD – параметр який відповідає за час між зміною режимів в автоматичному режимі, задається у секундах.

Усі основні параметри налаштування режимів ефектів та ігор зображено на рисунку 7.2.

					IA62.120BAK.002.ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

```

#define D_TEXT_SPEED 100
#define D_EFFECT_SPEED 80
#define D_GAME_SPEED 250
#define D_GIF_SPEED 80
#define DEMO_GAME_SPEED 60

boolean AUTOPLAY = 1;
int AUTOPLAY_PERIOD = 10;
#define IDLE_TIME 10

#define GLOBAL_COLOR_1 CRGB::Green
#define GLOBAL_COLOR_2 CRGB::Orange

#define SCORE_SIZE 0
#define FONT_TYPE 1

```

Рисунок 7.2 – Налаштування режимів ефектів та ігор

Далі було розроблено блок зв'язку по Bluetooth. Дані які отримує мікроконтролер передаються у виді масиву. Кожен масив починається з стартового символу “\$” та закінчується символом “;”. Максимальна кількість символів у масиві задається параметром PARSE_AMOUNT. Після стартового символу передається номер режиму:

- 0 – відправка кольору \$0 colorHEX;
- 1 - відправка координат точки \$1 X Y;
- 2 - заливка - \$2;
- 3 - очистка - \$3;
- 4 - яскравість - \$4 value;
- 5 - картинка \$5 colorHEX X Y;
- 6 - текст \$6 some text
- 7 - керування текстом: \$7 1; пуск, \$7 0; стоп
- 8 - ефект
 - \$8 0 номер ефекта;
 - \$8 1 старт/стоп;
- 9 - гра;

14 - пауза у грі;

15 - швидкість \$8 Value;

На рисунку 7.3 зображено масив значень, які отримуються після парсінгу масиву.

```
byte prevY = 0;  
byte prevX = 0;  
boolean runningFlag;  
boolean gameFlag;  
boolean effectsFlag;  
byte game;  
byte effect;  
byte intData[PARSE_AMOUNT];  
uint32_t prevColor;  
boolean recievedFlag;  
byte lastMode = 0;  
boolean parseStarted;
```

Рисунок 7.3 – Отриманні значення після парсінгу

Далі було розроблено розділ з функціоналом біжучого рядка. У налаштуваннях цього розділу основними параметрами є:

LET_WIDTH – ширина літери шрифту;

LET_HEIGHT – висота літери шрифту;

TEXT_HEIGHT – висота, на котрій знаходиться текст (відраховується від низу матриці).

Код функціонування біжучого рядка зображено на рисунку 7.4.

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

```

#if (USE_FONTS == 1)
int offset = WIDTH;
void fillString(String text, uint32_t color) {
    if (loadingFlag) {
        offset = WIDTH;
        loadingFlag = false;
        modeCode = 0;
        fullTextFlag = false;
    }
    if (scrollTimer.isReady() || (!BTcontrol && !gamemodeFlag)) {
        FastLED.clear();
        byte i = 0, j = 0;
        while (text[i] != '\0') {
            if ((byte)text[i] > 191) {
                i++;
            } else {
                drawLetter(j, text[i], offset + j * (LET_WIDTH + SPACE), color);
                i++;
                j++;
            }
        }
        fullTextFlag = false;
        offset--;
        if (offset < -j * (LET_WIDTH + SPACE)) {
            offset = WIDTH + 3;
            fullTextFlag = true;
        }
        FastLED.show();
    }
}

```

Рисунок 7.4 – Функціонал біжучого рядка

Також було розроблено функціональний блок з ефектами. Кожен ефект має свої параметри налаштування. Розглянемо деякі з них.

Ефект "кульки".

BALLS_AMOUNT 3 – кількість "кульок"

CLEAR_PATH 1 – очищати шлях

BALL_TRACK 1 – (0/1) - вкл / викл сліди кульок

DRAW_WALLS 1 – режим з малюванням перешкод для кульок

TRACK_STEP 70 – довжина хвоста кульки (чим більше цифра, тим хвіст коротше)

Ефект "квадратик".

BALL_SIZE 3 – розмір квадрата

RANDOM_COLOR 1 – випадковий колір при відскоку

Ефект "вогонь".

SPARKLES 1 – ввімкнути або вимкнути вилітаючи вуглинка

HUE_ADD 0 – додавання кольору у вогонь (від 0 до 230) - змінює весь колір полум'я

Ефект "комети".

TAIL_STEP 100 – довжина хвоста комети

SATURATION 150 – насиченість комети (від 0 до 255)

STAR_DENSE 60 – кількість (шанс появи) комет

Ефект "конфетті".

DENSE 3 – щільність конфетті

BRIGHT_STEP 70 – крок зменшення яскравості

Ефект "сніг".

SNOW_DENSE 10 – щільність снігопаду

У деяких ефектах застосовується алгоритм для плавної зміни кольорів.

Даний алгоритм дозволяє отримати 1023 відтінка кольору з RGB світлодіода.

Перехід відбувається у наступному порядку: синій колір плавно зменшується, зелений додається, потім зелений зменшується, а додається червоний. Код алгоритму наведено на рисунку 7.4.

```

byte bright = 100;
byte R, G, B;
void setup() {
  pinMode(R_PIN, OUTPUT);
  pinMode(G_PIN, OUTPUT);
  pinMode(B_PIN, OUTPUT);
}
void loop() {
  int colorPot = analogRead(0);
  if (colorPot <= 500) { //>
    byte k = map(colorPot, 0, 500, 0, 255);
    R = 0;
    G = k;
    B = 255 - k;
  } else if (colorPot > 500) { //>
    byte k = map(colorPot, 500, 1000, 0, 255);
    R = k;
    G = 255 - k;
    B = 0;
  }
  analogWrite(R_PIN, (bright * R / 100));
  analogWrite(G_PIN, (bright * G / 100));
  analogWrite(B_PIN, (bright * B / 100));
}

```

Рисунок 7.4 – Алгоритм плавної зміни кольору

Наступним кроком було реалізовано блок з іграми, а саме “Змійка” та “Тетріс”. Далі наведено параметри налаштування цих ігор.

Налаштування змійки.

START_LENGTH 4 – початкова довжина змійки

MAX_LENGTH 80 – максимальна довжина змійки

Налаштування тетріса.

FAST_SPEED 20 – швидкість падіння фігур при утриманні "вниз" (менше - швидше)

STEER_SPEED 40 – швидкість переміщення фігур в бік при утриманні кнопки (менше - швидше)

Останнім функціональним блоком було розроблено функцію годинника.

Налаштування годинника.

OVERLAY_CLOCK 1 – годинник на тлі всіх ефектів та ігор.

CLOCK_ORIENT 0 – 0 горизонтальні, 1 вертикальні

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

#define CLOCK_X 0 – позиція годин по X (початок координат - лівий нижній кут)

#define CLOCK_Y 0 – позиція годин по Y (початок координат - лівий нижній кут)

#define COLOR_MODE 2 – Режим кольору годин

#define MIN_COLOR CRGB :: White – колір хвилин

#define HOUR_COLOR CRGB :: White – колір годин

#define DOT_COLOR CRGB :: Red – колір точок

#define HUE_STEP 5 – крок кольору годин в режимі райдужної зміни

#define HUE_GAP 30 – крок кольору між цифрами в режимі райдужної зміни

На рисунку 7.5 наведено код, який відповідає за зображення годинника на світлодіодній матриці.

```
void drawClock(byte hrs, byte mins, boolean dots, byte X, byte Y) {
  #if (CLOCK_ORIENT == 0)
    if (hrs > 9) drawDigit3x5(hrs / 10, X, Y, clockLED[0]);
    drawDigit3x5(hrs % 10, X + 4, Y, clockLED[1]);
    if (dots) {
      drawPixelXY(X + 7, Y + 1, clockLED[2]);
      drawPixelXY(X + 7, Y + 3, clockLED[2]);
    } else {
      if (modeCode == 1) {
        drawPixelXY(X + 7, Y + 1, 0);
        drawPixelXY(X + 7, Y + 3, 0);
      }
    }
    drawDigit3x5(mins / 10, X + 8, Y, clockLED[3]);
    drawDigit3x5(mins % 10, X + 12, Y, clockLED[4]);
  #else
    if (hrs > 9) drawDigit3x5(hrs / 10, X, Y + 5, clockLED[0]);
    drawDigit3x5(hrs % 10, X + 4, Y + 5, clockLED[1]);

    drawDigit3x5(mins / 10, X, Y, clockLED[3]);
    drawDigit3x5(mins % 10, X + 4, Y, clockLED[4]);
  #endif
}
```

Рисунок 7.5 – Зображення годинника на матриці

					ІА62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

У вкладці custom можна налаштувати свій список порядку режимів, які будуть змінюватися за таймером.

Для працездатності режимів малювання та по-піксельному відображенню картинки були розроблені наступні функції:

- функція заливки усієї матриці;
- функція відтворення точки по координатах X Y;
- функція отримання кольору пікселя по його номеру;
- функція отримання кольору пікселя в матриці по його координатам.

Перечисленні функції наведено на рисунку 7.6.

```
// функція заливки усієї матриці
void fillAll(CRGB color) {
    for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++) {
        leds[i] = color;
    }
}

// функція відтворення точки по координатах X Y
void drawPixelXY(int8_t x, int8_t y, CRGB color) {
    if (x < 0 || x > WIDTH - 1 || y < 0 || y > HEIGHT - 1) return;
    int thisPixel = getPixelNumber(x, y) * SEGMENTS;
    for (byte i = 0; i < SEGMENTS; i++) {
        leds[thisPixel + i] = color;
    }
}

// функція отримання кольору пікселя по його номеру
uint32_t getPixColor(int thisSegm) {
    int thisPixel = thisSegm * SEGMENTS;
    if (thisPixel < 0 || thisPixel > NUM_LEDS - 1) return 0;
    return (((uint32_t)leds[thisPixel].r << 16) | ((long)leds[thisPixel].g << 8) | (long)leds[thisPixel].b);
}

// функція отримання кольору пікселя в матриці по його координатам
uint32_t getPixColorXY(int8_t x, int8_t y) {
    return getPixColor(getPixelNumber(x, y));
}
```

Рисунок 7.6 – Функції малювання

7.2 Мобільний додаток

Для написання мобільного додатку була обрана об'єктно-орієнтована мова програмування Java.

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Мова Java активно використовується для створення мобільних додатків під операційну систему Android. При цьому програми компілюються в нестандартний байт-код, для використання їх віртуальною машиною Dalvik (починаючи з Android 5.0 Lollipop віртуальна машина замінена на ART). Для такої компіляції використовується додатковий інструмент, а саме Android SDK (Software Development Kit), розроблений компанією Google.

Розробку додатків можна вести в середовищі Android Studio, NetBeans, в середовищі Eclipse, Використовуючи при цьому плагін Android Development Tools (ADT), або в IntelliJ IDEA. Версія JDK при цьому повинна бути 5.0 або вище. 8 грудня 2014 року Android Studio визнана компанією Google офіційним середовищем розробки під ОС Android.

Для реалізації поставлених задач було обране середовище Android Studio.

Додаток для ОС Android складається з набору активностей, кожної з яких відповідає вікно керування. Кожна активність представлена в проекті класом, реалізованим на мові Java, що зберігається в одноіменному файлі з розширенням .java. Кожній активності відповідає xml файл з описом. В xml-файлі описано у вигляді xml коду розташування візуалізуємих об'єктів. При запуску активності система Android автоматично розпізнає розмір екрану мобільного пристрою і призводить виведений контент у відповідність з розміткою, описаної в xml файлі. Таким чином, одна і та ж активність буде виглядати однаково незалежно від діагоналі використовуваного пристрою. Також, для кожного додатку Android повинен існувати xml файл, в якому у вигляді xml коду будуть прописані мінімальні вимоги до системи, а також активність, яка викликається при запуску програми.

Додаток для Android у своїй праці використовує вікна аналогічно вікнам Windows, в даній системі вікна носять назву - Activity. Як і у системі Windows, будь-яке вікно має свій життєвий цикл. Схема життєвого циклу додатку під Android зображено на рисунку 7.7.

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

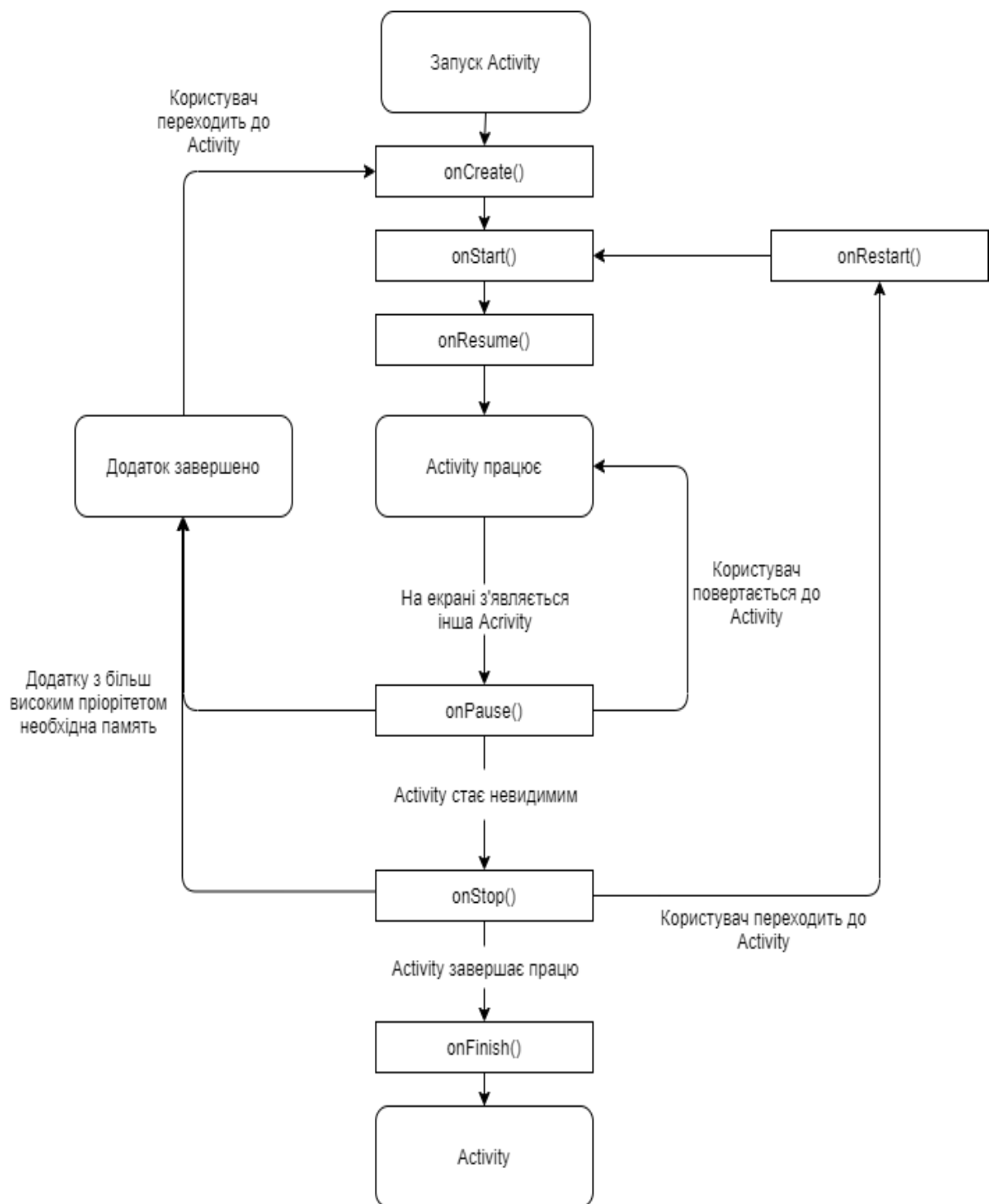


Рисунок 7.7 – Життєвий цикл додатку

Для того щоб створити нове вікно звертаємось до метода `onCreate()` , при розробці цей метод перепризначається і в ньому проходить ініціювання додатку та його елементів. Далі іде метод `onStart()` та метод `onResume()`. Вони викликаються перед показом вікна при його створенні, або його відновленні (у випадках переходу з іншого додатку, при відкритті звернутого додатку і т.д.). При

згортанні додатку застосовується метод `onFisnish()`, в даному методі зберігаються параметри та дані.

Дизайн додатка розроблявся з опорою на принципи Material Design. Material Design представляє собою комплексну концепцію створення візуальних, що рухаються і інтерактивних елементів для різних платформ і пристроїв від компанії Google.

Для початку була побудована сітка для режиму малювання. Координати цього поля відслідковуються при дотиканні пальцем та малюється обраним кольором квадрат на місці дотика. Паралельно з цим координати квадрата відправляються на мікроконтролер. Colorpicker був зроблений завдяки функції `.GetBackgroundPixelColor`, яка дозволяє відстежити колір заданого фону графічного поля. При дотику до дісплея проводиться розрахунок координат точки дотику, данні з координатами формуються в пакет та відправляються на мікроконтролер через Bluetooth. На відправку по Bluetooth зведений таймер з можливістю налаштування періоду відправки, це потрібно щоб усі данні встигли прийти, а матриця встигла відновити зображення, це займає декілька мілі-секунд під час яких мікроконтролер не може приймати нові данні. Для режиму картинку використовується тій ж самий метод, з початку малюнок розбивається на пікселі, після чого алгоритм зчитує координати кожного пікселя та колір заднього фону малюнка, по піксельно заповняє рядок та відправляє данні усього рядка на мікроконтролер, це зроблено для найшвидшої передачі даних. Режим біжучого рядка відправляє строку після чого вона парситься на мікроконтролері.

У мобільному додатку доступне повне налаштування матриці, акселерометру та підключення Bluetooth. Є можливість обрати автоматичне підключення Bluetooth при запуску програми та обрати наш модуль зі списку доступних девайсів. Можна обрати ширину та висоту матриці у кількості діодів (у випадку якщо матриця буде змінена на матрицю іншої роздільної здатності), обрати яскравість матриці, можливо управляти режимом очікування та виставити час зміни режимів. У настройці акселерометра можна виставити чутливість тряски, чутливість нахилу та затримку відправки.

					IA62.120БАК.002.ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Екран з налаштуванням матриці зображено на рисунку 7.8.

Vodafone UA
Vodafone UA

87 %
13:13

Matrix

Налаштування

Bluetooth

Не підключений

☒ Підключати при запуску

10

Період відправки, мс

Матриця

Ширина 8

Висота 8

Яскравість

Управління режимом очікування

Play

Stop

Попередній

Наступний

Час зміни режимів

Установити

Акселерометр

☒ Використовувати струшування

15

Чутливість тряски

3

Чутливість нахилу

300

Затримка відправки, мс

ВИХІД

Рисунок 7.8 – Екран налаштування

При натисканні червоної кнопки “Не підключений” відкриється вікно зі списком доступних пристроїв. Обираємо зі списку HC-06. Вікно доступних пристроїв зображено на рисунку 7.9.



Рисунок 7.9 – Список доступних пристроїв

Розглянемо режим малювання. За допомогою цього режиму користувач може обрати потрібний колір та по піксельно відобразити малюнок на спеціальному полі. Є можливість стерти намальовані пікселі ластиком, а також замалювати усі пікселі одразу, або навпаки стерти усе зображене.

Екран з режимом малювання зображено на рисунку 7.10.

Наступний режим це режим картинки, в якому ви можете завантажити будь яку картинку з галереї вашого смартфона, потім розбити цю картинку на пікселі та завантажити її на матрицю.

Екран з режимом картинки зображено на рисунку 7.11.

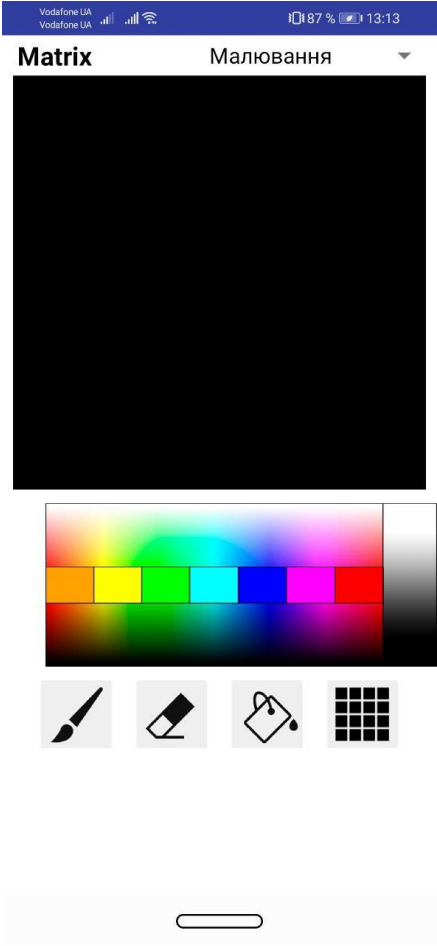


Рисунок 7.10 – Екран малювання



Рисунок 7.11 – Екран картинки

У наступному режимі рядка що біжить користувач може обрати колір тексту на надрукувати будь який текст який буде відображатися на матриці біжучим рядком. Також є можливість змінювати швидкість рядку, ставити його на паузу та знов запускати.

Екран з режимом рядка що біжить зображено на рисунку 7.12.

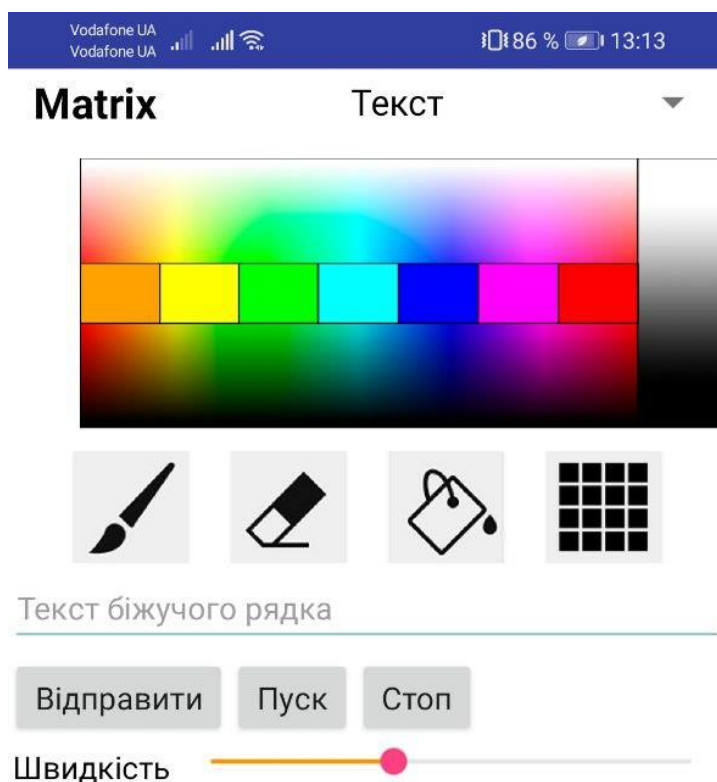


Рисунок 7.12 – Екран біжучого рядка

У режимі ефектів нам доступно на вибір 22 ефекта які ми можемо запустити та припинити, а також обрати швидкість їх програвання. Далі наведено декілька з ефектів:

- "дыхання" яскравості;
- зміна кольору;
- снігопад;
- блукаючий кубик;
- веселка;

- ВОГОНЬ;
- the Matrix;
- літаючі частки;
- лінії.

Усі доступні ефекти та їх демо зображено на рисунку 7.13.

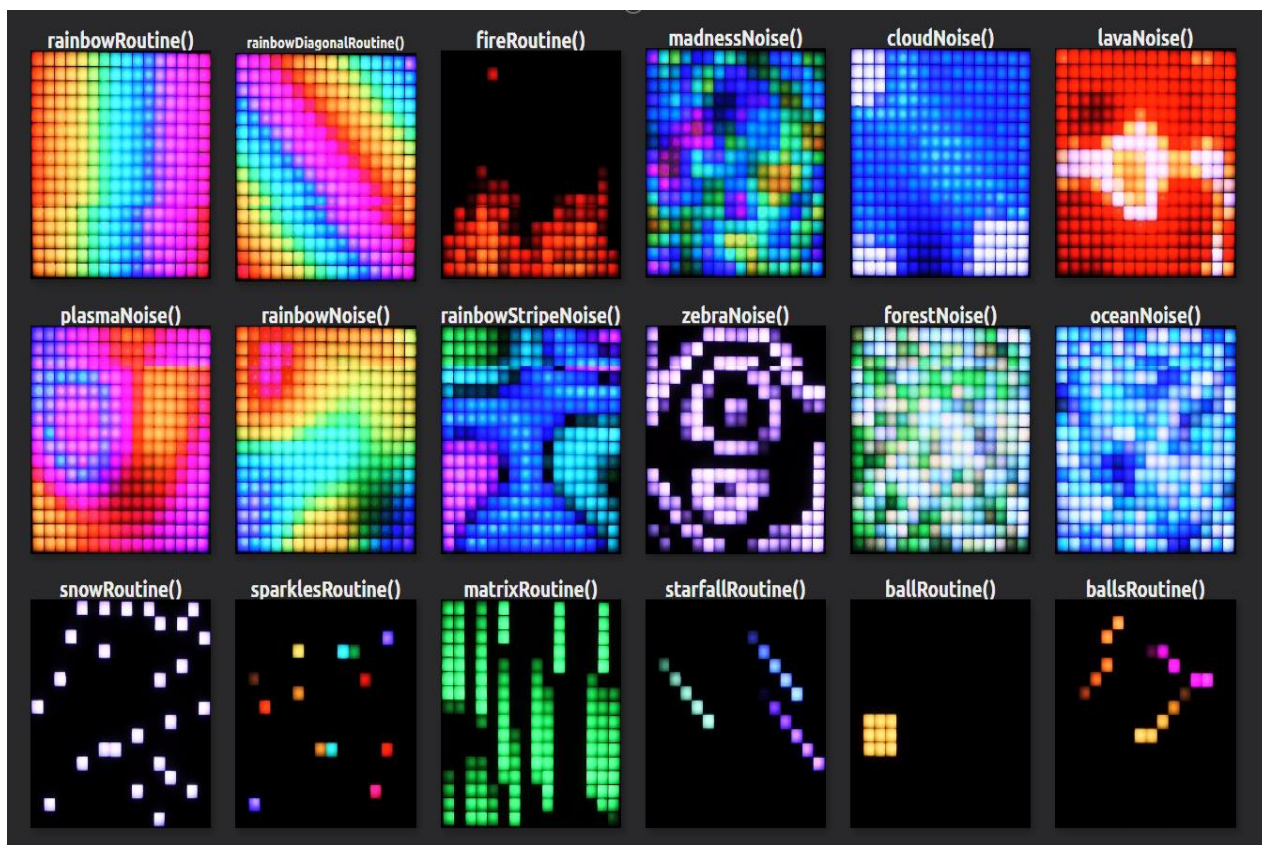


Рисунок 7.13 – Список та демо всіх ефектів

У останньому режимі гри доступні дві гри, а саме змійка та тетріс. Керування у іграх здійснюється за допомогою зображеного пульта зі стрілками, або за допомогою акселерометра. У режимі гри також є можливість змінити швидкість відображення.

Екран з режимом гри зображено на рисунку 7.14.

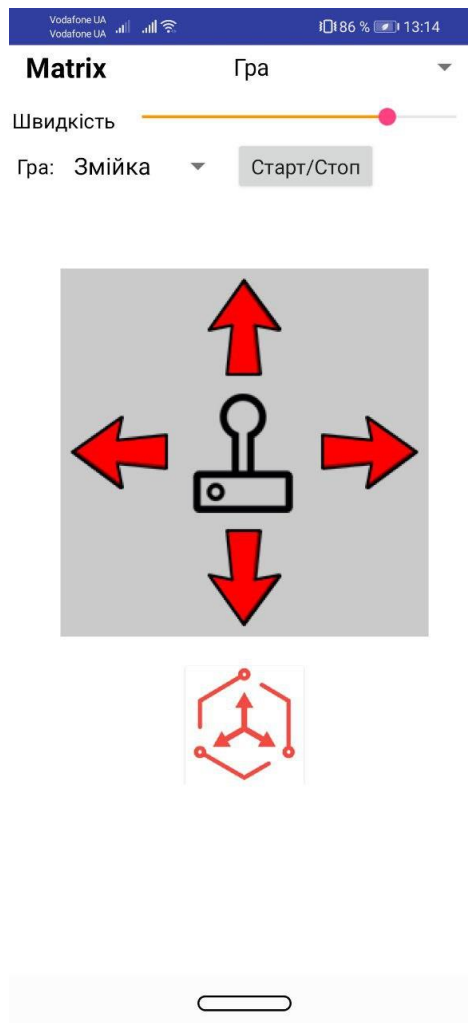


Рисунок 7.14 – Екран ігор

Для відображення усього функціоналу мобільного додатку було розроблено use-case діаграму, яку зображено на рисунку 7.15.

Варіант використання описує, з точки зору чинної особи, групу дій в системі, які призводять до конкретного результату.

Варіанти використання є описами типових взаємодій між користувачами системи і самою системою. Вони відображають зовнішній інтерфейс системи і вказують форму того, що система повинна зробити, не вказуючи на способи якими це досягнуто.

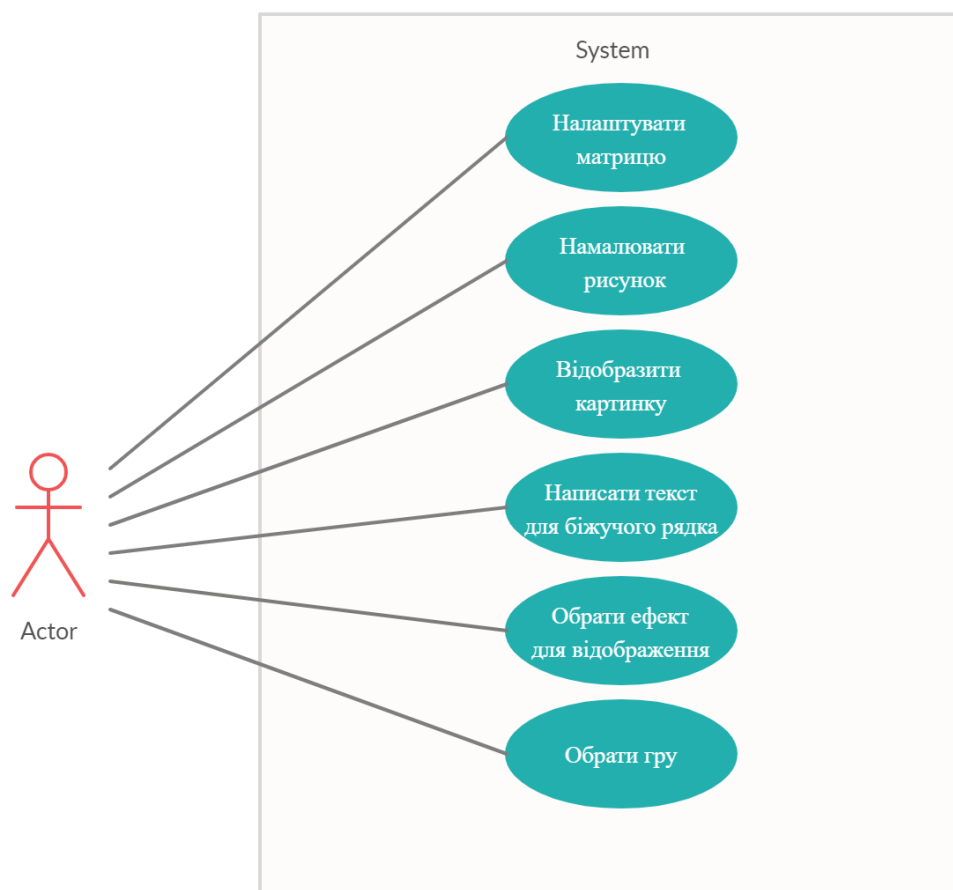


Рисунок 7.15 – Use-case діаграма функціоналу

Установка додатка здійснюється шляхом завантаження APK – файлу, котрий необхідно завантажити в пам'ять мобільного пристрою та використовуючи файловий менеджер, відкрити завантажений інсталяційний файл.

Додаток підтримує мінімальну версію Android 4.0.4.

ВИСНОВКИ

Дипломний проект вирішує поставлену задачу по розробці дешевої і одночасно продуктивної системи управління світлодіодним дисплеєм для домашнього використання, вирішує проблему

Результатом виконання дипломного проекту є опис та створена модель мікроконтролерної системи керування світлодіодного відображення. Система побудована на основі мікроконтролерної плати Wemos d1 mini, світлодіодної матриці на контролерах WS3212, Bluetooth модуля hc-05, годинника реального часу та блока живлення. Усі обрані компоненти детально описані у розділі вибору технічних засобів, також описано їх будову та принципи функціонування.

Система описана за допомогою трьох схем – схеми електричної структурної, схеми електричної функціональної та схеми електричної принципової, що дають загальне поняття про будову та функціональність системи. Крім того, система має детальний словесний опис.

У розділі реалізації апаратної частини було детально описано з'єднання усіх компонентів у систему, та наведено схему підключення.

Також у розділі реалізації програмної частини була описана розробка прошивки мікроконтролера із всіма налаштуваннями усіх режимів та розробка мобільного додатку з детальним описом усіх екранів та наведеними рисунками.

Розроблена система використовує загальноприйняті мережі обміну даними з використанням стандартизованих протоколів, а також призначена для можливості використовування з матрицями іншої роздільної здатності.

					IA62.120BAK.002.ПЗ	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Game Frame [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://ledseq.com/product/game-frame/>
2. Led Рюкзак [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://kibernetiki.com.ua/led-ryukzak-seryu>
3. Arduino Nano [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano>
4. DCCduino Nano CH340 - аналог Arduino Nano v3.0 [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/arduino-nano-ch340>
5. Arduino Mega 2560 [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>
6. Wi-Fi модуль NodeMCU V3 ESP8266 (CH340) [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1492-wi-fi-modul-nodemcu-esp8266>
7. NodeMCU v3 на базе ESP-12E [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/nodemcu-esp12-ch340>
8. Wi-Fi модуль Wemos D1 [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://duino.ru/Wemos-D1-mini.html>
9. Wemos D1 mini Pro Микроконтроллер [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://compacttool.ru/viewtovar.php?id=1334>
10. ESP8266ex datasheet [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
11. ESP8266EX Распиновка [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://esp8266.ru/esp8266ex-pinouts/>
12. Техническая документация ESP8266EX [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.euromobile.ru/upload/iblock/38e/38edea9ed541014c941ac8a47619db65.pdf>

13. Светодиодный графический экран [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиодный_графический_экран
14. Светодиодная матрица WS2812B [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://collider.prom.ua/p1101836243-svetodiodnaya-matritsa-ws2812b.html>
15. WS2801 datasheet [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2801.pdf>
16. MEAN WELL RS-25-5 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ru.mouser.com/ProductDetail/?qs=pqZ7J9Gt%2FmqXHOzlkOY2rg%3D%3D>
17. Бездротові технології [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Бездротові_технології
18. Bluetooth модуль HC-06 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://arduino.ua/prod241-bluetooth-modul-hc-06>
19. Модуль DS3231 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://robotchip.ru/obzor-chasov-realnogo-vremeni-ds3231/>
20. FastLED 3.3 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://github.com/FastLED/FastLED>